



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2004-0007227  
Application Number

출원년월일 : 2004년 02월 04일  
Date of Application  
FEB 04, 2004

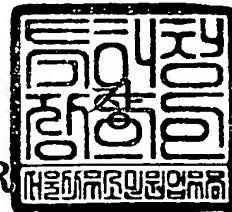
출원인 : 주식회사 나노캐스트코리아 외 1명  
Applicant(s) NANO-CAST KOREA CORPORATION, et al.



2004    년    03    월    04    일

특    허    청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서		
【권리구분】	특허		
【수신처】	특허청장		
【참조번호】	0020		
【제출일자】	2004.02.04		
【국제특허분류】	C22F		
【발명의 명칭】	반응고 성형장치		
【발명의 영문명칭】	Forming apparatus for rheoforming method		
【출원인】			
【성명】	홍준표		
【출원인코드】	4-1995-066868-7		
【출원인】			
【명칭】	주식회사 나노캐스트코리아		
【출원인코드】	1-2003-027178-5		
【대리인】			
【성명】	이영필		
【대리인코드】	9-1998-000334-6		
【포괄위임등록번호】	2004-005033-9		
【대리인】			
【성명】	이해영		
【대리인코드】	9-1999-000227-4		
【포괄위임등록번호】	2004-005034-6		
【발명자】			
【성명】	홍준표		
【출원인코드】	4-1995-066868-7		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	72	면	38,000 원
【가산출원료】	0	면	0 원

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	14	항	557,000	원
【합계】	595,000	원		
【감면사유】	소기업 (70%감면)			
【감면후 수수료】	178,500	원		
【첨부서류】	1. 위임장_1통 2. 소기업임을 증명하는 서류_1통			

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 성형공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현하고, 가압용 부품의 내구성 저하를 막으며, 에너지 손실을 줄이기 위한 것이다. 본 발명은, 이를 위하여, 일단에 슬러리 토출구가 설치된 제1슬리브와, 일단이 상기 제1슬리브에 연통되고, 용융금속이 주입되는 제2슬리브와, 상기 제2슬리브의 일단부를 개폐하는 개폐 수단과, 소정의 전자기장을 상기 제2슬리브에 인가하는 교반부와, 상기 제2슬리브의 타단으로 슬라이딩 가능하도록 삽입되는 것으로, 상기 제 2 슬리브에서 제조된 슬러리를 가압하는 제 1 플런저를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치를 제공한다.

**【대표도】**

도 1

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

반응고 성형장치{Forming apparatus for rheoforming method}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 2는 도 1의 제 2 슬리브의 다른 일 실시예를 나타내는 단면도,

도 3 내지 도 6은 각각 본 발명의 제 1 실시예에 의해 압출재를 제조하는 상태를 순차적으로 도시한 구성도,

도 7은 본 발명의 반응고 성형장치가 수행하는 제조방법을 나타내는 그래프,

도 8은 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 9 내지 도 14는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도 및 그 작동 상태도들,

도 15 내지 도 17은 본 발명의 바람직한 제 4 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도 및 그 작동 상태도들,

도 18 및 도 19는 본 발명의 바람직한 제 5 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도 및 그 작동 상태도들,

도 20 및 도 21은 본 발명의 바람직한 제 6 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도 및 그 작동 상태도들,

도 22는 본 발명의 바람직한 제 7 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 23은 본 발명의 바람직한 제 8 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도.

도 24는 본 발명의 바람직한 제 9 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

- 1: 교반부      11: 전자기장 인가용 코일장치
- 12: 공간부      21: 제 1 슬리브
- 22: 제 2 슬리브      23: 슬러리 토출구
- 3: 개폐수단      31: 개폐형 스톱퍼
- 41: 제 1 온도조절장치      44: 제 2 온도조절장치
- 52: 제 1 플런저      53: 제 2 플런저
- 6: 압출부      7: 프레스 성형부
- 8: 성형 다이

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <22> 본 발명은 반응고 성형장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻을 수 있는 고액공존(固液共存)상태의 반응고 금속 슬러리를 제조하여 이 슬러리를 이용하여 소정의 성형품을 제조하는 반응고 성형장치에 관한 것이다.
- <23> 고액공존상태의 금속 슬러리, 즉, 반응용 또는 반응고 금속 슬러리는, 통상, 반응고성형법(Reocasting) 및 반응용성형법(Thixocasting) 등의 복합가공법의 중간품이다. 그리고, 반응고 금속 슬러리는 반응고 영역의 온도에서 액상과 고상의 결정립이 적절한 비율로 혼재한 상태로, 텍소트로픽(Thixotropic)성에 의해 적은 힘으로도 변형이 가능하고, 유동성이 뛰어나 액상처럼 성형가공이 용이한 상태의 금속재료이다.
- <24> 여기서, 반응고 성형법(rheoforming)이란 미처 응고되지 않아 소정의 점성을 갖는 고액공존상태의 반응고 금속 슬러리(slurry)를 주조 또는 단조하여 빌렛이나 최종 성형품을 제조하는 가공법을 말한다. 이러한 반응고 성형법은 반응용 성형법(thixoforming)과 아울러 반응고/반응용 성형법으로 불리는 데, 여기서, 반응용 성형법이란 반응고 성형법에 의해 제조된 빌렛을 다시 반응용 상태의 슬러리로 재가열한 후, 이 슬러리를 주조 또는 단조시켜 최종제품으로 제조하는 가공법을 말한다.
- <25> 이러한 반응고/반응용 성형법은 주조나 용탕단조 등 용융 금속을 이용하는 일반적인 성형방법에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있다. 예를 들면, 반응고/반응용 성형법에서 사용하는

슬러리는 용융 금속보다 낮은 온도에서 유동성을 가지므로 이 슬러리에 노출되는 다이의 온도를 용융 금속의 경우보다 더 낮출 수 있고, 이에 따라 다이의 수명이 길어질 수 있다.

<26> 또한, 슬러리가 실린더를 따라 압출될 때 난류(turbulence)의 발생이 적어, 주조과정에서 공기의 혼입을 줄일 수 있으며, 이에 따라 최종 제품에의 기공 발생을 저감시킬 수 있다. 그 외에도 응고 수축이 적고, 작업성이 개선되며, 제품의 기계적 특성과 내식성이 향상되고, 제품의 경량화가 가능하다. 이에 따라, 자동차 및 항공기 산업분야, 전기 전자 정보 통신 장비의 신소재로서 이용될 수 있다.

<27> 이와 같이, 이들 반응고 성형법 및 반응융 성형법에서는 모두 반응고상태의 금속 슬러리를 사용하지만, 상술한 바와 같이, 반응고성형법에서는 용융금속을 소정의 방법에 의해 냉각한 슬러리를 사용하고, 반응융성형법에서는 고상의 빌렛을 재가열해 얻어진 슬러리를 사용한다. 여기에서, 반응고 금속 슬러리는 금속의 액상선과 고상선 사이에서 액상과 고상이 공존하는 영역, 즉, 금속의 반응고영역의 온도에서 금속내부의 결정입계가 부분적으로는 용해되고, 부분적으로는 고상성분으로 잔류하는 상태의 금속재료를 의미하며, 반응융성형법에 의해 제조된, 즉, 용융금속으로부터 냉각되어 얻어진 반응고상태의 슬러리를 말한다.

<28> 한편, 종래의 반응고 성형법은 슬러리의 제조과정에 따라, 용융 금속 내에 결정핵을 생성하여 이를 성장시켜 고액공존상태의 금속 슬러리를 제조하는 핵생성 방법과, 수지상 결정을 성장시켜, 이를 파쇄하는 교반법으로 대별된다.

<29> 그런데, 종래의 핵생성 방법은 용융금속의 주입온도를 매우 낮게 유지해야 하고, 냉각속도를 매우 느리게 하여 공정을 천천히 진행시킴으로써 핵을 생성하고 이를 성장시키는 것으로, 이에 따르면, 그 제조 시간이 지나치게 길게 소요되어 실제 양산공정에 적용할 수 어려운 문제가 있다.



- <30> 한편, 종래의 교반방법은, 용융 금속을 냉각시킬 때에 주로 액상선 이하의 온도에서 교반시켜 이미 생성된 수지상(dendrite) 결정조직을 파괴함으로써 반응고 성형에 적합하도록 구형의 입자로 만드는 방법이다. 이 교반방법으로는 기계적 교반법(mechanical stirring)과 전자기적 교반법(electromagnetic stirring), 개스 버블링, 저주파, 고주파 또는 전자기파 진동을 이용하거나 전기적 충격에 의한 교반법 (agitation) 등이 이용되었다.
- <31> 예를 들어, 미국특허 제3,948,650호에는 액상-고상 혼합물 (liquid-solid mixture)을 제조하는 방법 및 그 장치가 개시되어 있는데, 이 방법에서는 용융금속이 고상화되는 동안 이를 강하게 교반하면서 냉각시킨다. 또한, 개시된 반응고 금속 슬러리 제조장치는 용기에 고-액 혼합물을 주입한 상태에서 교반봉에 의해 교반하는 데, 이 교반봉은 소정의 점성을 가진 액상-고상 혼합물을 저어주어 유동시킴으로써 혼합물 내의 수지상 구조를 파쇄하거나 파쇄된 수지상 구조를 분산시키는 것이다.
- <32> 그러나, 상기와 같은 제조방법에서는 냉각과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 이를 결정핵으로 하여 구상의 결정을 얻으려는 것으로, 초기 응고층의 형성에 따른 잠열 발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조시간의 증가 및 교반 용기 내에서의 온도 불균일로 인한 불균일한 결정 상태 등 많은 문제점을 수반한다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 기계적 교반이 갖는 한계로 인하여 용기 내의 온도분포가 불균일하며, 챔버 내에서 작동하기 때문에 작업 시간 및 후속 공정으로의 연계가 매우 어려운 한계를 갖는다.
- <33> 미국특허 제4,465,118호에는 반응고 합금 슬러리 (semi-solid alloy slurry)의 제조방법 및 장치가 개시되어 있는데, 코일을 갖춘 전자기장 인가 수단의 내측에 순차로 냉각 매니폴드 및 금형이 구비되어 있고, 금형의 상측은 용융 금속이 연속하여 주입되도록 형성되어 있으며, 냉각 매니폴드에는 냉각수가 흘러 금형을 냉각시킨다. 반응고 합금 슬러리의 제조방법은, 먼저

, 상기 금형의 상측으로부터 용융 금속을 주입하고, 이 용융 금속이 금형 내를 통과하면서 먼저 냉각 매니폴드에 의해 고상화 영역(solidification zone)을 형성하게 되며, 여기서 전자기장 인가 수단에 의해 자기장이 인가되어 수지상 조직을 파쇄시키면서 냉각이 진행되고, 마침내 하부로부터 인곳(ingot)이 형성되는 것이다.

<34> 그런데, 이러한 제조방법 및 장치에 있어서도, 그 기본적인 기술적 사상은 응고가 일어난 후에 진동을 가해 수지상 조직을 파쇄한다는 것으로, 이도 역시 전술한 바와 같은 공정상 및 조직 구성상의 많은 문제를 갖는다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 용융금속이 상부에서 하부로 진행하면서 연속하여 인곳을 형성하는 것이나, 연속하여 성장하도록 함으로써 금속의 상태를 조절하기가 매우 어려우며, 전체적인 공정 제어가 곤란하다. 뿐만 아니라, 전자기장의 인가 이전의 단계에서 이미 상기 용기를 수냉시키므로 용기 벽체 부근과 중심부근에서의 온도차가 심하게 되는 한계가 있다.

<35> 이 밖에도 반응고/반용융 성형법은 후술하는 바와 같이, 다양하게 존재하나 모두 전술한 바와 같이 이미 형성된 수지상 조직을 파쇄하여 이를 결정핵으로서 사용한다는 기술적 사상을 근간에 두고 있어 전술한 특허와 동일한 문제들을 지니고 있다.

<36> 일본 공개특허공보 특개평11-33692호에는 액상선 온도 부근 또는 액상선보다 50℃까지 높은 온도에서 용융금속을 용기에 주입한 다음, 용융금속이 냉각되는 과정에서 용융금속의 적어도 일부가 액상선 온도 이하로 되는 시점, 즉 최초로 액상선 온도를 통과하는 시점에서, 예를 들어 초음파 진동 등에 의해, 용융금속에 운동을 가한 다음 서서히 냉각시킴으로써 입상결정형태의 금속조직을 가진 반응고 주조용 금속 슬러리를 제조하는 방법이 개시되어 있다.

<37> 그러나, 이 방법에서도, 초음파진동 등의 힘이 냉각초기에 형성되는 수지상 결정조직을 파쇄하기 위해 사용되고 있다. 또한, 주입온도를 액상선온도보다 높은 수준으로 하면, 입상의

결정형태를 얻기 어렵고, 동시에, 용탕을 급격히 냉각하기 어렵다. 뿐만 아니라, 표면부와 중심부의 조직이 불균일하게 된다.

<38> 또한, 일본 공개특허공보 특개평10-128516호에 개시된 반응용금속의 성형방법에서는 용융금속을 용기에 주입한 다음 진동바를 용융금속 중에 침적시켜 용융금속과 직접 접촉시킨 상태로 진동시켜 용융금속에 진동을 부여한다. 이에 따라 진동바의 진동력을 용융금속에 전달함으로써, 액상선 온도 이하에서 결정핵을 가진 고액공존상태의 합금을 형성한 후, 소정의 액상율을 나타내는 성형온도까지 용융금속을 용기내에서 냉각하면서 30초 내지 60분간 유지함으로써 상기 결정핵을 성장시켜 반응용금속을 얻는다. 그러나, 이 방법에 의해 얻어진 결정핵의 크기는 약  $100\mu\text{m}$ 이고, 공정소요시간도 상당히 길며, 소정 크기 이상의 용기에 적용하기 곤란한 문제가 있다.

<39> 미국특허 제6,432,160호에는 냉각과 교반을 동시에 정밀하게 제어함으로써 반응용 금속 슬러리를 제조하는 방법을 개시하고 있다. 구체적으로는, 용융금속을 혼합용기 (mixing vessel)에 주입한 후, 혼합용기 주위에 설치된 고정자 어셈블리(stator assembly)를 작동시켜 용기내의 용융금속을 급속하게 교반하기에 충분한 기자력 (magnetomotive force)을 발생시키고, 혼합용기 주위에 설치되어 용기 및 용융금속의 온도를 정밀하게 조절하는 작용을 하는 써멀 자켓 (thermal jacket)을 이용하여 용융금속의 온도를 급속하게 떨어뜨린다. 용융금속이 냉각될 때 용융금속은 계속적으로 교반되며, 고상율 (solid fraction)이 낮을 때는 빠른 교반을 제공하도록 하고 고상율이 증가함에 따라 증대된 기전력을 제공하도록 하는 방식으로 조절된다.

<40> 이상 설명한 바와 같은 교반법에 따른 종래의 반응고/반응용 성형방법 및 장치들은 냉각 과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 입상의 금속 조직으로 만들기 위해 전단력을 이용하고 있다. 즉, 용융 금속의 적어도 일부가 액상선 이하로 온도가 내려갔을 때에야 비

로소 진동 등의 힘이 유효하게 작용을 하게 되므로, 초기 응고층의 형성에 따른 잠열발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조시간의 증가 등 각종 문제를 피하기 어렵다. 또한, 이에 따라 형성된 금속 조직도 용기 내에서의 온도의 불균일로 인해 전체적으로 균일하고 미세한 조직을 얻기 어려우며, 용융 금속의 용기로의 주입 온도를 조절하지 않으면 용기 벽면부와 중심부의 온도차로 인해 조직의 불균일성은 더욱 증대되게 된다.

<41> 한편, 상술한 바와 같은 반응고 성형장치들은 연속주조의 방법으로 빌렛을 성형하는 방법으로, 슬러리를 제조한 후, 이를 직접 성형공정에 의해 성형품을 제조하기 어려운 한계가 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<42> 본 발명은 상술한 바와 같은 문제를 해결하기 위한 것으로, 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 성형공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현할 수 있는 반응고 성형장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

<43> 본 발명의 다른 목적은 가압용 부품의 내구성 저하를 막고, 에너지 손실을 줄일 수 있으며, 제조시간을 줄일 수 있는 반응고 성형장치를 제공하는 것이다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<44> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 일단에 슬러리 토출구가 설치된 제1슬리브;

<45> 일단이 상기 제1슬리브에 연통되고, 용융금속이 주입되는 제2슬리브;

<46> 상기 제2슬리브의 일단부를 개폐하는 개폐 수단;

<47> 소정의 전자기장을 상기 제2슬리브에 인가하는 교반부; 및

- <48>       상기 제2슬리브의 타단으로 슬라이딩 가능하도록 삽입되는 것으로, 상기 제 2 슬리브에서 제조된 슬러리를 가압하는 제 1 플런저;를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치를 제공한다.
- <49>       본 발명의 다른 특징에 의하면, 상기 개폐수단은 상기 제2슬리브의 일단부에 개폐 가능하도록 구비된 스톱퍼일 수 있다.
- <50>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 1 슬리브의 슬러리 토출구에 결합되어, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리로부터 소정의 성형품을 형성하는 성형부를 더 구비할 수 있다.
- <51>       이 때, 상기 성형부는, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리를 이송하는 이송 수단 및 상기 이송 롤러에 이송되는 슬러리를 냉각하는 냉각 장치를 구비할 수 있다.
- <52>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 성형부는, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리를 가압해 소정의 성형품으로 형성하는 가압 금형을 구비한 프레스 성형부일 수 있다.
- <53>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 성형부는, 이동 다이와 고정 다이에 의해 소정의 성형 공동이 형성되고, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리가 상기 성형 공동으로 주입되도록 구비된 성형 다이일 수 있다.
- <54>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 1 슬리브에는 상기 슬러리 토출구측으로 가압되는 슬러리의 온도를 조절하는 제 1 온도조절장치가 구비될 수 있다.
- <55>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 슬리브에는 상기 제 2 슬리브 내에 주입된 금속의 온도를 조절하는 제 2 온도조절장치가 구비될 수 있다.
- <56>       본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 슬리브는 비자성재로 구비될 수 있다.

- <57> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 1 슬리브는 그 축방향이 지면에 수평한 통형상이고, 상기 제 2 슬리브는 상기 제 1 슬리브에 소정 각도 회동 가능하도록 결합된 것일 수 있다.
- <58> 상기 교반부는 상기 제 2 슬리브의 회동에 연동하여 회동되도록 구비될 수 있다.
- <59> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 슬리브는 상기 제 1 슬리브로부터 분기되도록 구비되고, 상기 제 1 슬리브에는 슬러리를 상기 슬러리 토출구의 방향으로 가압하는 제 2 플런저가 더 구비될 수 있다.
- <60> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부에 전기적으로 연결되어, 상기 교반부가 소정의 전자기장을 상기 용융 금속이 제2슬리브에 주입되기 이전부터 상기 제 2 슬리브에 인가하도록 하고, 주입된 금속에 결정핵이 생성된 시점에서 상기 제2슬리브에 대한 상기 전자기장의 인가를 종료하도록 구비된 전자기장 인가 조절부가 더 구비될 수 있다.
- <61> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 슬리브는 상기 금속재료가 주입되는 측으로부터 상기 제 1 슬리브가 결합되어 있는 측을 향해 확대된 테이퍼상으로 형성될 수 있다.
- <62> 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세히 설명한다.
- <63> 본 발명에 있어 반응고 성형장치는 반응고 슬러리를 이용하여 소정 형상의 성형품을 성형하는 반응고 성형법을 행하게 될 장치를 말하는 것이다.
- <64> 먼저, 본 발명의 제 1 실시예를 도면을 참조로 설명한다.
- <65> 본 발명의 반응고 성형장치가 수행하게 되는 반응고 성형방법은 도 1 내지 도 7에 나타난 바와 같이, 제2슬리브(22)에 용융된 금속재료(M)를 주입해 반응고 금속 슬러리(S)를 제조한 후, 저압으로 압출할 수 있다. 이 때, 본 발명에서는 상기 제2슬리브(22)에 용융상태의 금속

재료의 주입이 완료되기 전에 전자기장에 의한 교반을 행한다. 즉, 제2슬리브(22)에 용융된 금속재료의 주입이 완료되기 전에 전자기장에 의한 교반을 실시함으로써, 초기 응고층 및 수지상 결정의 생성을 차단하는 것이다. 이 때, 상기 교반으로는 전자기장 대신 초음파 등이 이용될 수도 있다.

<66> 먼저, 전자기장을 인가하는 교반부(1)에 둘러싸인 제2슬리브(22)의 소정 영역에 전자기장을 인가한 상태에서 용융상태의 금속재료를 주입한다. 이 때, 전자기장의 인가는 주입되는 금속재료에 초기응고층 및 수지상 결정이 생기지 않을 정도의 세기로 이루어진다.

<67> 이 후, 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 용융된 금속재료를 주입온도  $T_p$ 에서 제2슬리브(22)에 주입한다. 이 때, 제2슬리브(22)에는 전자기장이 인가되어 있는 상태가 될 수 있다. 그러나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 금속재료의 주입과 동시에, 또는 금속재료가 주입되는 도중에 상기 전자기장 교반이 행해질 수도 있다.

<68> 이렇게 상기 제2슬리브(22)에 용융 상태의 금속재료의 주입이 완료되기 전에 전자기장 교반을 행함에 따라, 상기 금속재료에 저온의 제2슬리브(22) 내벽에 초기 응고층을 형성하지 않고, 이로부터 수지상 결정으로 성장해 나가는 일이 없게 된다. 즉, 전자기장을 제2슬리브(22)에 인가시킨 상태에서 용융 상태의 금속재료를 제 2 슬리브(22)에 주입함에 따라, 제2슬리브(2)의 벽면부와 중심부, 상부와 하부간에 온도차가 거의 없게 된다. 이에 따라, 종래기술에서 발생하는 용기 벽면 부근에서의 초기응고가 일어나지 않고, 이 제2슬리브(22)내의 금속재료 전체가 균일하게 액상선 온도 직하로 급속히 냉각되어 다수의 결정핵을 동시에 발생시킬 수 있다. 이로 인해, 이 제2슬리브(22) 내의 금속재료 전체에 미세한 결정핵이 동시에 발생하고, 이 금속재료 전체가 균일하게 액상선 온도 직하로 급속하게 냉각되어 다수의 결정핵을 동시에 발생한다.

- <69> 이는 제2슬리브(22)에 용융상태의 금속재료를 주입하기 이전 또는 주입과 동시에 전자기장을 인가함으로써 활발한 초기 교반작용으로 인해 내부의 금속과 표면의 금속이 잘 교반되어 주입된 금속 내에서의 열전달이 빠르게 일어나고, 제2슬리브(22) 내벽에서의 초기 응고층 형성이 억제되기 때문이다.
- <70> 또한, 잘 교반되고 있는 금속과 저온의 제2슬리브(22) 내벽과의 대류 열전달이 증가하여 주입된 금속 전체의 온도를 급속히 냉각시키게 된다. 즉, 주입된 금속재료가 주입과 동시에 전자기장 교반에 의해 분산 입자들로 흩어지고 이 분산 입자들이 결정핵으로서 제2슬리브(22) 내에 고루 분포하게 되며, 이에 따라 제2슬리브(22) 전체에 걸쳐 온도차가 발생하지 않게 되는 것이다. 반면, 종래기술들에 의하면 주입된 용융 금속이 저온의 용기 내벽과 접촉하여 용기 내벽에 초기 응고층을 형성하게 되고, 이 초기 응고층으로부터 수지상 결정으로 성장하게 되는 것이다.
- <71> 이러한 원리는 응고잠열과 관련하여 설명될 수도 있는 데, 즉, 제2슬리브(22)의 벽면에서의 금속재료의 초기 응고가 발생되지 않으므로, 초기 응고층의 형성을 위한 응고잠열이 발생하지 않게 되고, 이에 따라 금속재료의 냉각은 단지 그 금속재료의 비열 (응고잠열의 1/400 정도에 불과함)에 해당하는 정도의 열량의 방출만으로 가능하게 된다.
- <72> 따라서, 종래기술에서와 같이 슬리브의 벽면에서 흔히 발생하는 초기 응고층 및 수지상 결정이 형성되는 일이 발생하지 않게 되고, 제2슬리브(22) 내의 금속 전체가 전체적으로 균일하고 급속하게 온도가 저하되는 양상을 나타낸다. 그에 소요되는 시간은 용융된 금속재료의 주입 후 1 내지 10초 정도의 짧은 시간에 불과하다. 이에 따라, 다수의 결정핵이 제2슬리브(22) 내의 금속 전체에 걸쳐 균일하게 생성되며, 결정핵 생성밀도의 증가로 결정핵들 간의 거리는



매우 짧아지게 되어 수지상 결정이 형성되지 않고 독립적으로 성장하여 구상입자를 형성하게 된다.

- <73> 이는 금속재료가 주입되는 도중에 전자기장이 인가되는 경우에도 동일하다. 즉, 금속재료의 주입이 완료되기 전에 전자기장을 인가함에 따라, 제2슬리브(22)의 내벽면에 초기응고층이 형성되지 않게 된다.
- <74> 한편, 상기 금속재료의 주입 온도  $T_p$ 는 액상선 온도 내지 액상선 + 100℃ 사이의 온도(용탕 과열도, melt superheat=0℃~100℃)로 유지되는 것이 바람직하다. 전술한 바와 같이, 금속재료가 주입되는 제2슬리브(22) 내부 전체가 균일하게 냉각되므로, 제2슬리브(22)에 용융 금속을 주입하기 전에 액상선 온도 부근까지 냉각할 필요가 없고 액상선 온도보다 100℃ 정도의 높은 온도를 유지해도 무방하기 때문이다.
- <75> 반면, 용융금속을 제조용기에 주입한 후, 그 일부가 액상선 이하로 되는 시점에서 슬리브에 전자기장을 인가하는 종래의 방법에서는 슬리브의 벽면에 초기 응고층이 형성되면서 응고 잠열이 발생되는데, 응고잠열은 비열의 약 400배 정도이므로 슬리브 전체의 금속재료의 온도가 떨어지기에는 많은 시간이 걸릴 수밖에 없다. 따라서, 이러한 종래 방법에서는 제조 시간을 줄이기 위해, 액상선 정도 또는 액상선보다 50℃ 정도 높은 온도까지 냉각시킨 다음 슬리브에 주입하는 것이 일반적이었다.
- <76> 또한, 본 발명에 있어 상기 전자기장 교반은 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 제2슬리브(22) 내에 주입된 금속재료가 적어도 일부분이라도 그 온도가 액상선 온도( $T_\ell$ ) 이하로 내려왔을 때에, 즉, 고상율이 0.001 정도로 소정의 결정핵이라도 생성된 이후라면 어느 때 종료하더라도 크게 문제될 여지가 없다. 바꿔 말하면, 이 전자기장 교반을 종료하는 시점은, 제2슬리브(22) 내의 금속재료의 온도가 액상선 부근에 도달한 시점이다. 또한, 이 전자기장 교

반을 종료하는 시점은, 제2슬리브(22) 내의 금속재료 중에 결정핵이 균일하게 생성된 시점이다

<77> 여기서, 용융된 금속재료로부터 반응고 금속슬러리를 제조할 때의 핵생성밀도와 관련하여 볼 때, 상기 금속재료로서 사용되는 합금계와 관계없이 모든 금속재료의 결정핵 생성은 주입된 금속재료의 고상율이  $0.0001(10^{-4})$  이상으로 된 시점에서 완료된다. 한편, 주입된 금속재료의 고상율을 0.0001의 단위까지 계측하는 것은 용이하지 않다. 따라서, 공업적으로 이용 가능한 반응고 금속 슬러리를 제조할 목적으로, 이 반응고 금속 슬러리의 원료로서 사용되는 금속재료의 결정핵 생성을 확실히 종료시키기 위해서는, 주입된 금속의 고상율을 0.0001로 할 필요는 없고, 0.001 이상이면 충분하고, 생산성의 관점에서 볼 때에도, 0.001 이상으로 하는 것이 바람직하다.

<78> 한편, 주입된 금속재료 중에 핵생성을 증가시키는 것은, 전자기장의 인가를 이 금속재료 중에 결정핵 생성이 일어나는 동안에만 행하는 것으로 충분하다. 따라서, 주입된 금속재료에 보다 장시간동안 전자기장을 인가해도 반응고 금속 슬러리를 제조할 수 있지만, 고상율이 0.1 보다 크게 된 상태에서도 전자기장의 인가를 지속하는 것은 에너지 효율면에서 바람직하지 않고, 제조된 반응고 금속 슬러리의 응고조직을 조대화시키고, 동시에 공정시간을 길게 하기 때문에 바람직하지 않다.

<79> 또한, 제2슬리브(22)에 용융된 금속재료(M)를 주입하고, 이를 냉각시키는 단계까지 전자기장을 인가해, 후속하는 가압 단계, 예를 들면, 성형 공정 전에 전자기장 인가를 정지시켜도 좋다. 이는 이미 제2슬리브(22)의 슬러리 제조영역 전체에 걸쳐 결정핵이 균일하게 분포되어 있기 때문에, 이 결정핵을 중심으로 결정립이 성장하는 단계에서의 전자기장 교반은 제조되는 반응고 금속 슬러리의 특성에 영향을 미치지 않기 때문이다.

- <80> 따라서, 상기 전자기장 교반은 적어도 제2슬리브(22)에 주입된 금속재료의 고상율이 0.001 이상 0.7이하로 될 때까지 지속시킬 수 있다. 바꿔 말하면, 이 전자기장 교반은 금속 재료의 고상율이 0.001 이상 0.7이하로 된 시점에서 종료될 수 있다. 단, 상기 전자기장 교반의 지속시간은 에너지 효율면을 고려하면, 적어도 제2슬리브 내의 금속재료의 고상율이 0.001 이상 0.4 이하로 될 때까지 지속시키고, 더욱 바람직하게는 고상율이 0.001 이상 0.1 이하로 될 때까지 지속시킨다.
- <81> 한편, 제2슬리브(22)에 용융상태의 금속재료의 주입이 완료되기 전에 전자기장을 인가해 균일한 결정핵을 형성한 후에는, 냉각공정에 의해 제2슬리브(22)를 냉각시켜, 생성된 결정핵의 성장을 가속시킨다. 따라서, 이러한 냉각공정은, 제2슬리브(22)에 금속재료를 주입할 때부터 해도 무방하다. 또, 이 냉각공정 동안에도 전자기장을 지속적으로 인가해줘도 무방하다. 따라서, 이 냉각공정은, 제2슬리브(22)에 전자기장이 인가되어 있는 동안에 해도 무방하다. 이에 따라, 제2슬리브(22)에서 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조한 후, 이를 곧바로 후속공정인 성형공정에서 사용할 수 있다. 이러한 냉각공정은, 별도의 제2온도조절장치(44)에 의해 행할 수도 있지만, 자연적으로 공냉시켜도 무방하다.
- <82> 더욱이, 이러한 냉각 단계는 후속 공정인 가압 및 성형 공정 전까지 지속될 수 있는 데, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 금속재료가 0.1 내지 0.7의 고상율에 이르는 시점(t2)까지 냉각 단계를 유지시킬 수 있다. 구체적으로, 반응고 금속 슬러리(S)가 주입되어 제조되는 제품의 두께가 얇고, 형상이 복잡한 경우에는, 실험적으로, 금속재료의 고상율이 0.1이 될 때까지 냉각해, 액상에 보다 가깝도록 하고, 반응고 금속 슬러리(S)가 주형 내에서 응고하기까지의 시간을 길게 해, 이 슬러리의 주형으로의 유입 속도를 빠르게 할 필요가 있다.

- <83> 이에 반해, 슬러리(S)가 주입되어 제조되는 제품의 두께가 두껍고, 형상이 단순한 경우에는, 주입된 금속의 고상율이 0.7이 될 때까지 생각해, 고상에 보다 가깝도록 하고, 슬러리가 주형내에서 응고하기까지의 시간을 짧게 해, 이 슬러리의 유입 속도를 느리게 해도 문제가 없다.
- <84> 이 결과, 슬러리의 제조에 이용되는 금속재료의 고상율을 0.1 이상 0.7 이하로 하면, 이 금속재료로 사용되는 합금계에 관계없이, 용융금속으로부터 제조된 슬러리에 의해 어떠한 형상의 제품이라도 제조가능하다. 또, 용융된 금속재료의 제2슬리브(22)로의 주입 시점으로부터 고상율이 0.1 이상 0.7 이하의 반응고 금속 슬러리로 형성되는 시점까지의 소요시간이 30초 이상 60초 이하에 지나지 않는다. 따라서, 용융된 금속재료로부터 슬러리를 60초 내에 제조하기 위해서는, 주입된 금속의 고상율이 0.1 이상 0.7 이하가 되기까지 생각하는 것이 바람직하다.
- <85> 이 때, 주입된 금속재료의 냉각속도는  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $5.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  정도가 될 수 있으며, 이는 또한 결정핵의 분포도 및 입자의 미세도 등에 따라  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $2.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  로 할 수도 있다. 이것은, 금속재료에 전자기장을 인가해 반응고 금속 슬러리를 제조하는 경우에는, 결정핵의 분포도 및 입자의 미세도 등의 관점에서 전자기장을 인가해 결정핵 생성이 종료된 금속재료를 적어도  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상의 냉각속도로 냉각할 필요가 있기 때문이다.
- <86> 즉, 주입된 금속재료의 냉각속도를  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이하로 할 경우에는, 이 금속 중의 결정핵이 지나치게 성장해, 너무 커져 버려, 슬러리 제조에 필요한 시간이 길게 되기 때문에, 생산성 및 기계적 특성이 저하되어 버린다. 이 때문에, 금속재료의 냉각속도는 적어도  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 할 필요가 있고, 동시에, 주입된 금속재료의 냉각속도는 기본적으로 빠르면 빠를수록 슬러리 제조에 필요한 시간을 단축할 수 있고, 에너지 효율을 향상시킬 수 있어, 바람직하다.

- <87> 그러나, 냉각속도를  $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상으로 하면, 냉각 시, 금속재료 중에 수지상 결정이 형성되어 텐드라이트화해 응고해 버린다. 또, 금속재료 중에 형성된 결정핵간의 거리가 큰 경우에는 이 금속재료를  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이하의 비교적 느린 속도로 냉각함으로써, 결정핵을 크게 성장시킬 수 있다. 이에 반해, 주입된 금속 중에 형성된 결정핵간의 거리가 작은 경우에는 이 금속 중의 결정핵을 그다지 크게 성장시킬 필요가 없기 때문에,  $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  정도의 비교적 빠른 속도로 냉각하는 것이 바람직하다.
- <88> 이 금속재료가 주입되는 제2슬리브(22)의 단면적이 큰 경우에는  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  정도의 비교적 느린 속도로 냉각하는 것이 바람직하고, 이에 대해, 제2슬리브(22)의 단면적이 작은 경우에는  $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 의 비교적 빠른 속도로 냉각해도, 주입되는 금속재료 중의 결정핵을 충분히 성장시킬 수 있다.
- <89> 여기서, 제2슬리브(22)에 주입된 금속재료 중에 결정핵이 생성되는 것은, 이 제2슬리브(22)에 주입될 때의 금속재료의 온도, 즉, 주입온도에 의존한다. 이 주입온도로서는, 금속재료의 액상선 온도  $+100^{\circ}\text{C}$ 와 같이, 액상선 온도로부터 어느 정도 가열되었는지를 나타내는 가열도에 의해 나타내어질 수 있다. 그리고, 이 가열도는 용융금속을 제2슬리브(22)에 주입한 후로부터 결정핵이 생성되기까지의 단계에 중요한 영향을 미친다.
- <90> 이에 반해, 주입된 금속재료 중에 결정핵을 생성시킨 후부터 금형에 주입된 반응고 금속 슬러리의 응고가 완료하기까지의 결정성장은 금속재료로부터 제조된 제품의 두께가 중요한 영향을 미친다. 따라서, 전자기장을 인가해 결정핵 생성이 종료한 후에 이 결정핵을 성장시킬 때의 냉각속도는, 금속재료를 제2슬리브(22)에 주입하기 전의 결정핵 생성을 위한 금속재료의 가열도와, 이로부터 형성된 슬러리로 제조된 제품의 두께에 각각 의존한다. 즉, 용융금속의 가열

도가 일정하고, 제품의 두께가 결정되면, 금형에 주입한 슬러리의 냉각속도가 자연히 결정된다

<91> 여기서, 용융된 금속재료의 가열도가 높은 경우에는, 이 금속재료 중에 생성되는 결정핵의 수, 즉, 핵생성수가 감소하기 때문에, 제2슬리브에 주입된 금속재료의 냉각속도를 느리게 할 필요가 있다. 또, 금속재료의 가열도가 낮은 경우에는, 이로부터 생성되는 핵생성수가 증가하기 때문에, 주입된 금속재료의 냉각속도를 빠르게 해, 슬러리의 입자 미세화를 가능케 한다.

<92> 따라서, 금속재료의 냉각속도를  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이상  $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  이하로 하고, 이 금속재료를 제2슬리브에 주탕할 때의 온도를 금속재료의 액상선+ $100^{\circ}\text{C}$ 보다 낮게 하면 주물 산업에서 사용할 수 있는 범위, 또는 소정 고상율을 갖는 반응고상태의 금속슬러리를 제조할 수 있고, 이를 곧바로 가압함으로써 가압성형 등을 해서, 소정의 성형품으로 성형한다.

<93> 이 때, 이 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조하는 시간을 매우 현격히 단축시킬 수 있는데, 상기 금속재료의 제2슬리브(22)로의 주입시점으로부터 고상율 0.1 내지 0.7의 금속 슬러리 형태의 금속재료로 형성되는 시점( $t_2$ )까지 소요되는 시간은 30초 내지 60초에 불과하다. 이에 따라 제조된 금속 슬러리를 사용하여 소정의 성형품을 성형하게 되면 균일하고 치밀한 구상(球狀)의 결정구조를 얻을 수 있다.

<94> 다음으로, 상기 반응고 성형방법을 사용하는 반응고 성형장치를 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한다.

<95> 도 1 내지 도 6에서 볼 수 있는 반응고 성형장치는, 소위 버티컬(vertical)식으로, 전자기장을 인가하는 교반부(1)와, 긴 통상으로 형성된 슬리브를 구비하고 있다. 이 슬리브는 사출

용의 제1슬리브(21)와, EMS용의 제2슬리브(22)로, 축방향을 따라 중앙부가 분할되도록 구성되어 있다.

<96> 먼저, 이 제2슬리브(22)는 양단이 개방되어 개구된 가늘고 긴 통상이고, 상하방향으로 축방향을 갖는 형태이기 때문에, 수평방향을 따라 축방향을 갖는 상태가 되도록 회동가능하게 설치되어 있다. 또, 이 제2슬리브(22)는 이 축방향을 따라 일단인 상단에 주입구(25)와, 이 주입구(25)에 대향된 타단인 하단에 슬러리 배출구(26)를 갖는다. 그리고, 이 제2슬리브(22)는, 주입구(25)로부터 액상으로 용융된 상태의 금속재료(M)가 주입되어, 이 금속재료가 내부에 수용될 수 있도록 구성되어 있다.

<97> 또, 이 제2슬리브(22)는, 이 제2슬리브(22)의 내부에 주탕한 금속재료로부터 제조된 반응고 금속 슬러리가 슬러리 배출구(26)로부터 배출되도록 구성되어 있다. 더욱이, 이 제 2 슬리브(22)는, 이 제2슬리브(22)에 금속재료를 주입시키는 측인 주입구(25)측으로부터 슬러리 배출구(26)측으로 서서히 확대된 테이퍼상으로 형성될 수 있다. 바꿔 말하면, 이 제 2 슬리브(22)는 반응고 금속 슬러리의 배출방향을 따라 그 내경 치수가 서서히 커지도록 확경(擴徑)되어 있다.

<98> 상기 제2슬리브(22)의 주변부에는, 이 제2슬리브(22)내에 주입된 금속재료에 전자기장을 인가하는 교반수단으로서의 교반부(1)가 설치되어 있다. 이 교반부(1)는 제2슬리브(22)와 함께 회동할 수 있도록 제2슬리브(22)에 고정되어 있다.

<99> 또, 이 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)에는, 개폐수단(3)으로서 평판상의 개폐형 스톱퍼(31)가 결합되어 있다. 이 스톱퍼(31)는 도시되지 않은 구동장치에 접속되어 있고, 제2슬리브(22)와 동일한 재질로 형성될 수 있다. 또, 이 스톱퍼(31)는 도 1에 나타난 바와 같이, 제2슬리브(22)의 주입구(25)가 상방을 향한 상태에서, 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를

개폐가능하게 폐쇄하고, 이 제2슬리브(22) 내에 금속재료가 주입되는 슬러리 제조영역(T)의 바닥부(4)를 형성해, 이 제2슬리브(22)를 용기형상으로 만든다.

<100>       상기 스톱퍼(31)는, 상기 제2슬리브(22)를 회동시켜 수평으로 한 상태에서, 이 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 개방시키고, 이 제2슬리브(22)내에 형성된 반응고 금속 슬러리를 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)로부터 외부로 이탈 배출시킨다. 이 스톱퍼(31)로서는, 제2슬리브(22)의 하단인 슬러리 배출구(26)를 개폐할 수 있는 것이라면, 일측이 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)의 가장자리에 회동가능하게 힌지고정된 도어 형상이어도 무방하고, 중앙부가 분할되어 양방향으로 개방되는 구조 등, 어떠한 구조이어도 무방하다.

<101>       그리고, 제 2 슬리브(22)의 외측에는, 도 2에서 볼 수 있듯이, 별도의 제 2 온도 조절장치(44)가 더 구비될 수 있다. 상기 제 2 온도 조절장치(44)는 제 2 슬리브(22) 내에 주입된 금속재료, 또는 제2슬리브(22) 내에서 제조된 반응고 금속 슬러리를 냉각한다. 또, 이 제 2 온도 조절장치(44)는 냉각수 파이프(45)가 내장된 워터 자켓(46)을 구비하고 있다.

<102>       그리고, 이 워터 자켓(46)은, 제2슬리브(22)의 외측을 둘러싸도록 제2슬리브(22)의 외측에 동심상으로 설치되어 있다. 이 때, 상기 냉각수 파이프(45)는 제 2 슬리브(22)의 내부에 매설되도록 설치되어도 무방하다. 이러한 냉각수 파이프 외에도 제 2 슬리브에 수용된 금속재료를 냉각시킬 수 있는 것이면 어떠한 냉각장치라도 가능하다.

<103>       상기 제2온도조절장치(44)는, 가열수단으로서, 가열장치인 전열 코일(47)을 구비하고 있다. 이 전열 코일(47)은, 워터자켓(46)의 외측을 둘러싸도록 나선상으로 설치될 수 있다. 이 때, 전열 코일(47)로서는, 이 전열 코일(47) 이외에 어떠한 가열기구라도 무방하다.



- <104> 따라서, 상기 제 2 온도 조절장치(44)는, 제2슬리브(22) 내의 금속재료 또는 반응고 금속 슬러리의 온도를 조절할 수 있는 구조이면 어떠한 구성이라도 무방하다. 또, 이 제 2 온도 조절장치(44)는 제2슬리브(22) 내의 금속재료를 적정한 속도로 냉각한다. 제 2 온도조절장치(44)는 제 2 슬리브(22)의 전체에 걸쳐 설치될 수도 있지만, 금속재료가 수용되는 슬러리 제조 영역(T)의 주위에만 집중적으로 설치될 수 있음은 물론이다. 이 제 2 온도조절장치(44)를 설치하지 않고, 제2슬리브(22)내의 금속재료를 자연 냉각시켜, 소망하는 고상율의 반응고 금속 슬러리를 제조할 수도 있음은 물론이다.
- <105> 구체적으로, 이 제 2 온도조절장치(44)는, 제 2 슬리브(22) 내에 수용된 금속재료를 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각시킬 수 있다. 또한, 냉각 속도도 조절하여 0.2 내지 5.0℃/s의 속도로 냉각하며, 바람직하게는 0.2 내지 2.0℃/s의 속도로 냉각할 수 있다.
- <106> 이 때, 이 제 2 온도조절장치(44)는, 교반부(1)에 의한 전자기장의 교반이 종료된 후에도 냉각할 수 있고, 전자기장 교반과는 무관하게, 즉, 전자기장의 인가가 지속되고 있는 동안에도 행할 수 있다. 또한, 용융 금속의 주입단계에서부터 행할 수도 있다.
- <107> 한편, 상기 교반부(1)는, 그 내측에 소정의 공간부(12)를 구비하고, 이 공간부(12)를 둘러싸도록 전자기장 인가용 코일장치(11)가 배설되어 있다. 상기 공간부(12)와 전자기장 인가용 코일장치(11)는 별도의 프레임 구조(미도시)에 의해 고정될 수 있다. 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 소정 세기의 전자기장을 상기 공간부(12)에 수용되는 제 2 슬리브(22)에 인가하도록 구비된 것으로, 제 2 슬리브(22)에 주입되는 금속재료를 전자기 교반한다. 상기와 같은 전자기장 인가용 코일장치(11)는 통상의 전자기 교반에 사용될 수 있는 코일장치면 어떠한 것이든 적용될 수 있고, 이 외에도 초음파 교반장치가 사용될 수도 있다.

<108> 한편, 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 제 2 슬리브(22)의 외측에 밀착되도록 결합될 수도 있다. 그리고, 이 전자기장 인가용 코일장치(11)에 의해 제 2 슬리브(22)에 주입되는 금속재료를 주입의 단계에서부터 철저히 교반이 이루어지도록 한다. 이러한 교반부(1)는 도 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 제 2 슬리브(22)의 회동에 연동하여 회동되도록 구비될 수 있다. 별도 도면으로 도시하지는 않았지만, 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)가 고정되어 있고, 제 2 슬리브(22)만이 회동되도록 구비될 수 있음은 물론이다.

<109> 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 도 1 및 도 3 내지 도 6에서 볼 수 있는 바와 같이, 교반부(1)에 의한 전자기장 인가를 조정하는 제어수단으로서 전자기장 인가 조절부(13)와 전기적으로 연결된다. 이 전자기장 인가 조절부(13)는 제어장치가 사용될 수 있는 데, 전원의 인가를 결정하는 스위칭 수단(미도시)과, 전압, 주파수 및 전자기력 등을 조절해 인가되는 전자기파를 조절하는 전자기파 제어 수단(미도시) 등이 포함된다. 즉, 상기 전자기장 인가 조절부(13)는 전자기장의 강도나 작동시간 등을 조절한다.

<110> 또, 상기 전자기장 인가 조절부(13)는 상기 교반부(1)의 전자기장 인가용 코일장치(11)를 가동해, 제2슬리브(22)에 주입되는 금속재료에 초기 응고층 및/또는 수지상 결정이 형성되지 않을 정도의 전자기장을, 상기 용융된 금속재료(M)가 제2슬리브(22)에 주입되기 이전 단계부터 상기 제2슬리브(22)에 인가하도록 한다. 그리고, 주입된 금속재료의 온도가 액상선 부근에 도달한 시점, 즉, 상기 금속재료에 결정핵이 생성된 시점에서 상기 제2슬리브(22)에 대한 전자기장의 인가를 종료하도록 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)를 조절한다.

<111> 이렇게 전자기장 인가 조절부(13)에 의해 전자기장 인가용 코일장치(11)의 전자기장 인가 시점이 조절되는 데, 이러한 전자기장의 인가는 전술한 바와 같이, 제조된 반응고 금속 슬러리가 압축될 때까지 지속되어도 무방하다. 다만, 에너지 효율 차원에서 슬러리의 제조과정까

지 전자기장 교반을 행할 수 있으므로, 적어도 고상율이 0.001 내지 0.7일 때까지 전자기장 교반을 지속할 수 있고, 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.4 정도 될 때까지 지속할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.1 정도 될 때 종료할 수 있다. 이러한 고상율이 되는 시간은 미리 실험에 의해 알아낼 수 있으며, 금속재료의 온도를 측정하여 해당 금속재료의 상태도의 온도와 비교함으로써 알 수 있다.

<112>       상기 제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는, 도 1에서 볼 수 있듯이, 서로 마주하는 단부의 일측이 결합되어, 이를 중심으로 제 2 슬리브(22)가 소정의 각도로 회동될 수 있는 것으로, 이 회동 각도는 90도 이내가 되도록 하는 것이 바람직하다. 또, 이 제2슬리브(22)는 교반부(1)의 내측에 위치하고, 이 교반부(1)의 전자기장 인가용 코일장치(11)와 동심상이 되도록 공간부(12)에 설치될 수 있다.

<113>       이러한 제 1 슬리브(21) 및 제 2 슬리브(22)는 금속재로 구비될 수 있고, 세라믹과 같은 절연성 소재로 구비될 수도 있다. 이러한 제 1 및 제 2 슬리브(21)(22)는 그 용점이 용융된 상태로 주입되는 금속재료의 온도보다 높은 것을 사용하는 것이 바람직하며, 비자성재로 구비할 수 있다.

<114>       특히, 상기 제 2 슬리브(22)는 자성을 갖지 않는 비자성재인 금속 또는 절연성 소재로 구비할 수 있다. 이렇게, 제2슬리브(22)를 비자성재로 구성함으로써, 전자기장의 인가에 따라 제2슬리브(22) 자체가 유도가열을 일으키지 않고 발열하지 않게 되어, 제2슬리브(22) 내에 주입된 금속재료를 냉각시키는 데에 유리하게 된다. 또한, 이로 인해, 제2슬리브(22)에 금속재료를 주입할 때부터 이 금속재료를 냉각할 수 있다. 그리고, 이 제2슬리브(22)를 비자성 금속재로 형성할 경우에는, 이 제2슬리브(22)의 용점이 제2슬리브(22) 내에 수용되는 금속재료의 온도보다 높은 것을 사용하는 것이 바람직하다.

- <115> 이 제2슬리브(22)는, 그 자체의 온도를 주입된 금속재료의 온도까지 상승시키면, 그 자체가 녹아버릴 위험이 있기 때문에, 제2슬리브(22)의 온도를 주입된 용융금속의 온도까지 상승시킬 수 없다. 따라서, 상기 제2슬리브(22)에서는, 이 제2슬리브(22)에 금속재료를 주입한 직후에 전자기장을 인가하는 경우에는, 이 제2슬리브(22)와 금속재료와의 온도차가 커, 이 금속재료의 제2슬리브(22)에 접하는 부분의 주변에서는 순간적으로 수지상결정이 형성되어 버린다.
- <116> 한편, 상기 제 1 슬리브(21)는 그 축방향이 지면에 수평한 통형상으로 구비될 수 있고, 상기 제 2 슬리브(22)는 제 1 슬리브(21)와 결합된 부분을 중심으로 소정 각도로 회동될 수 있다. 이러한 구조에 있어서, 상기 제 2 슬리브(22)는 후술하는 바와 같이, 용융상태의 금속재료가 수용되어 전자기장 교반에 의해 슬러리로 형성되는 슬러리 제조영역(T)에 해당하며, 제 1 슬리브(21)는 이렇게 형성된 슬러리를 가압 성형하는 데에 필요한 영역이 된다.
- <117> 즉, 본 발명에 따른 제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는 전자기장 교반에 의해 용융상태의 금속재료를 반응고 슬러리(slurry)로 제조하는 슬러리 제조용기의 기능과 제조된 슬러리를 가압 성형하는 성형 틀로서의 기능을 겸비한다. 여기서, 이들 제1슬리브(21) 및 제2슬리브(22)는 반드시 양단이 개방된 구조가 아니어도 무방하고, 상호 연결되어 제2슬리브(22)내에서 제조된 반응고 금속 슬러리(S)를 제1슬리브(21)로 배출하고, 제1슬리브(21)로부터 토출시킬 수 있는 구조이면 어느 것이라도 무방하다.
- <118> 구체적으로, 이 제1슬리브(21)는 양단이 개방되어 개구된 길고 가는 통상이고, 수평방향을 따른 축방향을 갖는 상태로 설치되어 고정되어 있다. 또, 이 제1슬리브(21)는 제2슬리브(22)와 같은 직경으로 형성되어 있다. 그리고, 이 제 1 슬리브(21)의 축방향을 따른 일단측에는, 차단부재(20)가 결합되어 있다. 이 차단부재(20)의 중앙부에는, 소정 형상으로 개구된 슬

러리 토출구(23)가 형성되어 있다. 이 슬러리 토출구(23)는, 제1슬리브(21) 내로부터 반응고 슬러리(S)를 누출시키도록 구성되어 있다. 이 슬러리 토출구(23)는, 제2슬리브(22)에 결합되는 측의 반대측 단부에 설치되어 있다.

<119> 슬러리 토출구(23)의 하류측에는, 이 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 슬러리를 소정 형상의 성형품인 압출재(E)로 성형하는 성형부로서의 압출부(6)를 구비한 압출장치가 설치되어 있다. 여기서, 이 압출부(6)는, 제1슬리브(21)에 있는 슬러리 토출구(23)의 외측에 설치되어 있다.

<120> 상기 압출부(6)는 슬러리를 이송시키는 이송 롤러(61)를 구비하고 있다. 이 이송롤러(61)의 이송면(60) 위쪽에는 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 슬러리를 냉각시키는 복수개의 분무형 냉각장치(62)가 설치되어 있다. 또, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)의 외측 위쪽에는 상기 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 반응고 금속 슬러리(S)를 소정의 길이로 절단하는 컷터(63)가 상하방향으로 구동 가능하게 설치되어 있다. 이 컷터(63)는, 그 칼끝이 하방을 향하도록 설치되어 있고, 슬러리 토출구(23)로부터 슬러리가 소정 길이 토출된 때에 하방으로 이동해 슬러리를 절단한다.

<121> 이 압출부(6)는 이송 롤러(61), 냉각장치(62), 및 컷터(63)에 의해, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)로부터 압출되어 토출된 반응고 금속 슬러리를 이송시키고 냉각시켜 소정 길이로 절단해, 소정 형상의 선재 또는 판재 등의 압출재(E)를 성형시킨다.

<122> 이에 따라, 이 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)는, 이 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 슬러리가 압출부(6)에서 이송되기 때문에, 이 슬러리 토출구(23)로부터 토출되는 슬러리(S)의 형상을 결정한다. 따라서, 이 슬러리 토출구(23)는 그 하류측에 배치된 성형부(6)에 따라, 그 형상이 결정될 수 있다. 즉, 후술하는 바와 같이, 제조된 고액공존상태의 슬러리는 이 슬러

리 토출구(23)로부터 토출되어 성형부(6)로 이송되는 것이므로, 토출되는 슬러리의 형상을 최초 결정하는 것이 이 슬러리 토출구(23)에 해당한다. 따라서, 이 슬러리 토출구(23)는 성형부(6)에 따라 그 형상을 조절하도록 한다. 상기 슬러리 토출구(23)는 압출되는 성형품의 형상에 대응하여 선재일 경우에는 원형, 판재일 경우에는 직사각형이 되도록 할 수 있다.

<123> 한편, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)에 대향한 축방향을 따라 타단측에는, 슬러리 삽입구(24)가 개구되어 있다. 이들 슬러리 토출구(23)와 슬러리 삽입구(24)는 동심상으로 연통되어 있다. 또한, 이 슬러리 삽입구(24)는 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)에 동심상으로 연통되도록, 슬러리 배출구(26)에 대등한 형상으로 형성되어 있다. 이에 따라, 제1슬리브(21)는 제2슬리브(22)내에서 제조된 슬러리(S)가 슬러리 삽입구(24)로부터 삽입되어 슬러리 토출구(23)로 토출되도록 구성되어 있다.

<124> 이 제1슬리브(21)는 슬러리 삽입구(24)측으로부터 슬러리 토출구(23)측을 향해 서서히 확대된 테이퍼상으로 형성될 수 있다. 즉, 이 제1슬리브(21)는, 이 제1슬리브(21)의 타단측으로부터 일단측을 향한 방향이고, 슬러리의 배출방향을 향해 내경 치수가 서서히 커지도록 확장(擴徑)될 수 있다. 따라서, 이 제1슬리브(21)는, 그 내경이 제2슬리브(22)의 내경보다 크거나 같은 관계가 되도록 구성될 수 있다.

<125> 또한, 상기 제 1 슬리브(21)에는 도 1 및 도 3 내지 도 6에서 볼 수 있듯이, 외측으로 제 1 온도조절장치(41)가 더 부가될 수 있다. 이 제 1 온도조절장치(41)는 제1슬리브(21)내의 소정영역의 온도를 조정해, 이 제1슬리브(21) 내의 반응고 금속 슬러리(S)의 온도를 조절한다. 즉, 이 제 1 온도조절장치(41)는, 제1슬리브(21)내에서 가압되는 반응고 금속 슬러리(S)의 급냉을 방지한다. 따라서, 이 제1온도조절장치(41)로서는, 소정의 보온효과를 갖도록 할 수 있다.

- <126> 구체적으로, 상기 제1온도조절장치(41)는, 파이프(42)가 나선형으로 내장된 통상의 워터 자켓(43)을 구비하고 있다. 이 워터자켓(43)은, 제1슬리브(21)의 외측을 둘러싸도록 제1슬리브(21)의 외측에 동심상으로 설치되어 있다. 이에 따라, 이 제1온도조절장치(41)는 파이프(42) 내를 흐르는 매체의 온도를 적절히 조절함에 의해 제1슬리브(21) 내의 슬러리의 온도를 조절가능하다.
- <127> 여기서, 이 워터자켓(43) 내의 파이프(42)는, 제1슬리브(21)에 매설되어도 무방하다. 또, 이러한 파이프(42) 이외에도 제1슬리브(21) 내의 슬러리의 온도를 조절할 수 있는 구성이면 어떠한 것이라도 무방하다. 즉, 제1온도조절장치(41)로서는 도시되지 않은 전열 히터 등을 사용할 수도 있다.
- <128> 한편, 상기 제2슬리브(22)의 주입구(25)에는, 제1가압수단으로서, 제 1 플런저(52)가 슬라이딩 가능하게 삽입된다. 이 제 1 플런저(52)는 제어부(미도시)에 의해 제어되는 별도의 실린더장치(미도시)에 연결되어 제 1 슬리브(21) 및 제 2 슬리브(22) 내를 피스톤 왕복운동을 할 수 있다. 여기서, 상기 제1플런저(52)의 선단면인 가압면(54)은, 이 제1플런저(52)의 이동방향에 직교하는 평탄한 평면으로 될 수 있다.
- <129> 상기 제 1 플런저(52)는 제2슬리브(22) 내에 슬러리가 제조된 상태에서 상기 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터 삽입되어 제2슬리브(22)의 일단측을 폐쇄한다. 그리고, 이 제1플런저(52)는, 제2슬리브(22)의 주입구(25)에 삽입된 상태에서 제 2 슬리브(22)의 회동에 연동하여 회동하여, 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터의 슬러리 누출을 방지한다. 또, 이 제1플런저(52)는, 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)가 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)에 연통되고 이들 슬러리 배출구(26)와 슬러리 삽입구(24) 사이가 스톱퍼(31)에 의해 개방된 상태에서, 제2슬리브(22) 내의 슬러리를 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23) 측을 향해 가압 이송시켜, 이

슬러리를 슬러리 토출구(23)로부터 압출부(6)의 이송롤러(61)의 이송면(60) 상으로 토출시킨다

<130>        바꿔 말하면, 이 제1플런저(52)는, 제2슬리브(22) 내에 전자기장이 인가되고 제2슬리브(22)가 냉각되는 동안, 즉, 제2슬리브(22)에서 용융상태의 금속재료로부터 반응고 금속 슬러리를 제조하는 동안, 도1에 도시된 바와 같이, 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터 외측으로 빠져 있다. 이 제1플런저(52)는, 제2슬리브(22) 내에서 슬러리가 형성된 후에, 도 3에 도시된 바와 같이, 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터 삽입되어, 제2슬리브(22) 내의 슬러리를 가압하도록 구동된다. 그리고, 이 제1플런저(52)는, 제2슬리브(22)의 회동에 연동하여 회동하도록 구동되고, 슬러리의 제조 후에 슬러리를 제 1 슬리브(21)의 방향으로 가압하여 이송시킨다.

<131>        이들 제1슬리브(21) 및 제2슬리브(22)에는 도시되지 않은 열전대를 내장시키고, 이 열전대를 제어부에 전기적으로 접속시켜, 이들 제1슬리브(21) 및 제2슬리브(22) 내의 금속재료 및 슬러리 등의 온도정보를 제어부에 송출시킬 수도 있다.

<132>        한편, 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터 용융상태의 금속재료를 주입할 때에는 주입부(51)가 사용된다. 이 주입부(51)는 상기 제 2 슬리브(22)에 액상의 금속재료를 주입하는 것으로, 제어부(미도시)에 전기적으로 연결된 통상의 레이들(ladle)이 사용될 수 있으며, 이 밖에도 금속재료를 용융시킨 로가 직접 연결되는 등 제 2 슬리브(22)에 금속재료를 주입할 수 있는 것이면 어떠한 것이든 무방하다.

<133>        다음으로, 상기와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 반응고 성형장치의 작용을 설명한다.



- <134> 먼저, 도 1에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)의 주입구(25)측을 제 1 슬리브(21)에 대해 상방으로 소정 각도, 바람직하게는 90°회동시켜, 이 제2슬리브(22)의 주입구(25)를 상방을 향해 개구시키고, 동시에, 이 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(24)를 스톱퍼(31)에 의해 폐쇄시켜, 제 2 슬리브(22) 전체가 용융상태의 금속재료를 수용할 수 있는 용기의 형상이 되도록 한다.
- <135> 다음에, 전자기장 인가 조절부(13)가 교반부(1)의 전자기장 인가용 코일장치(11)를 가동시켜, 주입되는 금속재료에 초기응고층 또는 수지상 결정이 형성되지 않을 정도의 전자기장을, 금속재료가 주입되지 않은 제2슬리브(22)에 인가하도록 한다.
- <136> 이 때, 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 250V, 60Hz, 500Gauss로 전자기장을 인가할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 이는 상황에 따라 적당하게 조절 가능함은 물론이다.
- <137> 이 상태에서 별도의 로에서 용융된 금속재료(M)를 레이들과 같은 주입부(51)에 의해 이송하여 전자기장의 영향 하에 있는 제 2 슬리브(22)의 주입구(25)로부터 제2슬리브(22) 내로 주입한다. 여기서, 제2슬리브(22) 내에 금속재료를 주입한 후에는, 이 제2슬리브(22) 내에 주입한 금속재료가 순식간에 반응고 금속 슬러리로 되도록 하고, 이 금속재료가 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)와 스톱퍼(3)와의 사이로부터 누출되지 않도록, 반응고 금속 슬러리의 고상율을 비교적 높게 한다.
- <138> 이 때, 로와 제2슬리브(22)를 직접 연결하여 용융된 액상의 금속재료가 곧바로 제 2 슬리브 내로 주입되도록 할 수도 있다. 또한, 이 때의 상기 금속재료는 전술한 바와 같이, 액상선 온도+ 100℃ 정도의 온도가 되어도 무방하다. 이 때, 제 2 슬리브(22)에는 별도의 가스 공급관(미도시)을 연결하여 주입되는 금속재료의 산화

를 막기 위해  $N_2$ , Ar 등의 불활성 가스를 주입할 수 있다.

- <139> 이처럼, 완전히 용융되어 액상인 금속재료를 전자기장이 인가되어 있는 제 2 슬리브(22)에 주입하면, 제 2 슬리브(22) 전체에 걸쳐 초기응고층의 형성 없이 미세한 재결정 입자들이 분포하게 되고, 이 재결정 입자들은 빠르게 성장하여 수지상 구조의 생성이 일어나지 않게 된다.
- <140> 이 제2슬리브(22)에의 전자기장 인가용 코일장치(11)에 의한 전자기장의 인가를 상기 금속재료의 제2슬리브(22)로의 주입과 동시에 행할 수도 있다.
- <141> 또, 이 전자기장 인가용 코일장치(11)에 의한 전자기장의 인가는, 제2슬리브(22)내에서 제조된 반응고 금속 슬러리(S)를 제1플런저(52)에 의해 가압할 때까지 행할 수 있으나, 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.7 정도 될 때까지 지속하고, 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.4정도 될 때까지 지속하며, 더욱 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.1 정도 될 때 종료한다. 이러한 시간은 미리 실험에 의해 알아낼 수 있으며, 이렇게 해서 정해진 시간 동안 전자기장을 인가하는 것이다.
- <142> 전자기장의 인가가 종료된 후, 또는 전자기장의 인가가 지속되고 있는 동안에 상기 제 2 슬리브(22) 내의 금속재료가 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 소정의 속도로 냉각시키는 냉각단계를 거쳐 반응고 금속 슬러리를 제조한다.
- <143> 이 때, 상기 냉각 속도는 전술한 바와 같이, 제 2 슬리브(22)외측에 설치된 제 2 온도 조절장치(44)에 의해 조절되어  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 의 속도가 될 수 있으며, 더 바람직하게는  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 의 속도가 될 수 있다. 물론 이도 전술한 바와 같이, 자연 냉각시킬

수도 있음은 물론이다. 고상율이 0.1 내지 0.7에 이르는 시간( $t_2$ )는 미리 실험을 통해 알 수 있다.

- <144>       상기 제2슬리브(22) 내의 금속재료로부터 제조된 반응고 금속 슬러리는, 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)에 결합시킨 상태에서, 이들 슬러리 배출구(26)와 슬러리 삽입구(24)의 사이로부터 누출되지 않는 정도의 고상율을 갖고 있다.
- <145>       이렇게 제2슬리브(22) 내에서 반응고 금속 슬러리를 제조한 후에는 도 3에서 볼 수 있듯이, 제2슬리브(22)의 주입구(25)로부터 제1플런저(52)가 삽입된 상태에서, 상기 제2슬리브(22)의 주입구(25)측을 하방을 향해 90°회동시켜, 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)와 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)를 스톱퍼(31)가 개재된 상태로 서로 결합시킨다. 이 때, 제 1 플런저(52)는 제 2 슬리브(22)의 회동에 연동하여 회동하도록 한다.
- <146>       그리고, 상기 개폐수단(3)인 개폐형 스톱퍼(31)를 개방시켜, 슬러리 배출구(26)를 슬러리 삽입구(24)에 연통시킨다.
- <147>       이 상태에서, 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 1 플런저(52)를 상기 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압하여, 제 2 슬리브(22) 내의 슬러리를 제 1 슬리브(21) 내로 압축시킴으로써, 슬러리 토출구(23)를 통해 슬러리(S)가 압출부(6)로 배출되도록 한다.
- <148>       이 때, 제 1 슬리브(21)내에서 압축이 진행되고 있는 동안에, 반응고 금속 슬러리의 온도가 제 1 온도조절장치(41)에 의해 소정 온도로 보전될 수 있다.
- <149>       이렇게 슬러리 토출구(23)로부터 토출되는 슬러리는 곧바로 압출부(6)의 냉각장치(62)에 의해 급랭되면서 이송 롤러(61)에 의해 이송된 후, 도 5에서 볼 수 있듯이, 슬러리 토출구(23)의 상측에 위치한 커터(63)에 의해 소정 길이로 절단되어 소정 형상의 압출재(E)로 된다.

- <150> 절단된 압출재(E)는 이송 롤러(61)에 의해 이송되고, 제 1 슬리브(21) 내에 잔재하는 비스킷(biscuit: B)은 도 6에서 볼 수 있듯이, 제 1 플런저(52)를 원래의 자리로 다시 복귀시키고, 제 2 슬리브(22)의 주입구(25)측을 상방으로 90°회동시켜 제 1 슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)를 개구시킨 상태에서, 별도의 취출봉(미도시)에 의해 외부로 취출한다.
- <151> 이렇게 비스킷(B)을 취출한 후에는 도 1에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)에 다시 금속재료를 수용할 수 있도록 한 후, 전술한 과정을 반복하여 수행한다. 이러한 반복 과정에 따라 조직이 미세하고 균일한 압출재(E)를 얻을 수 있다.
- <152> 상술한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 의하면, 금속재료의 액상선보다 높은 온도에서의 단시간의 교반만으로, 제2슬리브의 벽면에서의 핵생성밀도를 현저히 높여 입자의 구상화를 실현할 수 있기 때문에 미세하고 균일한 구상화입자의 반응고 금속 슬러리를 제2슬리브(22)에서 제조할 수 있다. 이 때문에, 교반시간을 크게 단축할 수 있고, 이에 따라, 에너지 소모를 최소화할 수 있다. 게다가, 단면이 원통상 이외의 비대칭인 형상의 제2슬리브(22)이어도, 미세하고 균일한 구상화입자의 반응고 금속 슬러리를 제조할 수 있다.
- <153> 또한, 이 제2슬리브(22)내의 반응고 금속 슬러리를, 슬러리 상태로 제1슬리브(21)를 개재한 압출부(6)로 압출할 수 있기 때문에, 고품질의 압출재(E)를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있다. 동시에 슬러리의 가압에 따른 장치부품의 내구성 저하를 방지할 수 있고, 에너지손실을 줄일 수 있기 때문에 단시간에 고품질의 압출재를 연속하여 성형할 수 있다.
- <154> 이 결과, 전체적으로 균일하고 미세한 구성의 조직을 갖는 압출재(E)를 얻을 수 있다. 또, 이 압출재(E)를 제조할 때의 에너지 효율을 개선할 수 있기 때문에, 제조 코스트를 절감할 수 있고, 이 압출재의 기계적 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 이 압출재(E)를 성형할 때의 성

형공정을 간편화할 수 있음과 동시에, 압출재(E)의 제조시간의 단축을 실현할 수 있기 때문에, 압출재의 전체 재조공정을 간단하게 할 수 있고, 생산성을 향상시킬 수 있다.

<155> 한편, 제조되는 슬러리는 외기에 노출되는 부분에서 산화물이 발생할 수 있다. 그런데, 본 발명에 따르면, 슬러리를 제조하는 제2슬리브(22)가 수직으로 구비되어 있어, 제조되는 슬러리에 발생될 수 있는 산화물이 슬러리의 맨 윗부분에 생기게 된다. 이 산화물이 형성된 부분은 압출한 후에도 도 5 및 도 6에서와 같이, 압출부(6) 내로 유입되지 않으며, 비스킷(B)의 부분에 집중되게 된다. 이 비스킷(B)을 외부로 취출함에 따라, 산화물의 부분도 비스킷(B)에 의해 외부로 취출된다. 따라서, 고품질의 압출재(E)를 성형할 수 있게 된다.

<156> 상기 제1실시예에서는 제2슬리브(22)의 일단측의 주탕구(25)로부터 금속재료를 주입하고, 이 주입구(25)로부터 제1플런저(52)를 삽입해 제2슬리브(22) 내의 반응고 금속 슬러리(S)를 가압하는 것이지만, 도 8에서 볼 수 있는 제2실시예와 같이, 제2슬리브(22)로부터 분기된 별도의 용탕 주입구(28)를 형성하고, 이 용탕 주입구(28)로부터 제2슬리브(22) 내로 용융상태의 금속재료를 주입시킴과 동시에 제2슬리브(22)의 주입구(25)에는 제1플런저(52)를 항상 삽입시킨 구조로 형성할 수 있다. 이러한 제 2 슬리브(22) 및 제 1 플런저(52)의 구조는 이하 설명될 모든 실시예에 동일하게 적용될 수 있다.

<157> 또, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)의 외측에는, 이 슬러리 토출구(23)로부터 토출되는 슬러리를 압출재(E)로 성형하는 압출부(6)를 구비한 압출장치를 결합할 수 있지만, 도 9 내지 도 14에서 볼 수 있는 제3실시예와 같이, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)의 외측에 압출부(6) 대신 프레스 성형부(7)를 갖는 프레스 성형장치로서 사용될 수 있다. 그리고, 이 프레스 성형부(7)는 가압 금형들(71)(72)을 구비하고, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)로부터

가압되어 토출된 슬러리를 가압금형들(71)(72) 각각에 대응한 소정의 형상으로 성형할 수 있다.

<158> 이러한 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 반응고 성형장치는 먼저, 도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 슬리브(22)에 용융 상태의 금속재료(M)를 주입하여 슬러리를 만든 후, 도 10에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)를 회동시켜 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)에 결합시키고, 도 11과 같이 개폐수단(3)을 이용해 제 2 슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 개방시킨 후, 이 슬러리 배출구(26)를 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)에 연통시킨다.

<159> 이 상태에서, 제 1 플런저(52)에 의해 제2슬리브(22) 내의 슬러리를 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압한다. 이 때, 제 1 슬리브(21) 외측의 제 1 온도조절장치(41)에 의해 슬러리의 보온이 되도록 할 수 있다. 그리고, 이 제1플런저(52)에 의한 압축에 의해 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 슬러리를 도 12 및 도 13에서 볼 수 있듯이, 프레스 성형부(7)의 가압 금형들(71)(72)에 의해 가압시켜 소정의 형상으로 성형하고, 슬러리 토출구(23)의 상측에 위치한 커터(63)에 의해 절단한다.

<160> 제 1 슬리브(21) 내에 잔재하는 비스킷(biscuit: B)은 도 14에서 볼 수 있듯이, 제 1 플런저(52)를 원래의 자리로 다시 복귀시키고, 제 2 슬리브(22)를 소정의 각도로 회동시켜 제 1 슬리브(21)의 타측 단부가 개방되도록 한 후, 별도의 취출봉에 의해 외부로 취출한다. 이렇게 비스킷(B)을 취출한 후에는 도 9에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)에 다시 금속재료를 수용할 수 있도록 한 후, 전술한 과정을 반복하여 수행한다. 이러한 반복 과정에 따라 조직이 미세하고 균일한 성형품을 얻을 수 있다.

- <161> 이러한 본 발명에 있어서도, 슬러리 상태에서 프레스 성형이 진행되기 때문에 고품질의 프레스재(P)를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있기 때문에, 전술한 제1실시예와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다.
- <162> 또한, 제조되는 슬러리에 발생될 수 있는 산화물이 슬러리의 맨 윗부분에 생기게 되어, 이 산화물이 형성된 부분이 성형되지 않고, 비스킷(B)에 의해 외부로 취출될 수 있다. 따라서, 고품질의 성형품을 얻을 수 있게 된다.
- <163> 본 발명에 따른 반응고 성형장치는 도 15 내지 도 17에서 볼 수 있는 제4실시예와 같이, 성형 다이(8)를 갖는 다이캐스팅 장치로서 사용될 수 있다. 즉, 이러한 본 발명의 바람직한 제 4 실시예에 따른 반응고 성형장치는 슬러리 토출구(23)의 외측으로 성형 다이(8)를 갖는다. 상기 성형 다이(8)는 이동 다이(81)와 고정 다이(82)를 포함하여 구성된다. 이러한 이동 다이(81)와 고정 다이(82)가 만나 소정 형상의 성형 공동(83)을 형성하게 되는 데, 상기 고정 다이(82)에는 상기 성형 공동(83)으로 반응고 상태의 슬러리가 주입되도록 슬러리 주입구(84)가 가공되어 있다. 이 슬러리 주입구(84)는, 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)에 연통한 상태에서 연결되어 있고, 이 슬러리 토출구(23)로부터 토출되는 반응고 금속 슬러리(S)를 상기 성형 공동(83)으로 주입시킨다. 또, 제1 슬리브(21)의 일단측은 슬러리 토출구(23)로 되어 있다.
- <164> 이들 이동 다이(81)와 고정 다이(82)는 각각 지지 플레이트(85a)(85b)에 설치되어 있다. 이 지지 플레이트(85a)(85b)는 도시되지 않은 전체 설비에 부착되어 상기 이동 다이(81)와 고정 다이(82)를 지지한다. 상기 이동 다이(81)는 성형이 완료되면 상기 고정 다이(82)로부터 분리되어 성형 공동(83)에 형성된 다이캐스트재(D)를 분리해 낼 수 있도록 한다.
- <165> 이러한 본 발명의 바람직한 제 4 실시예에 따른 반응고 성형장치는 먼저, 도 15에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 슬리브(22)에 용융 상태의 금속재료(M)를 주입하여 슬러리를 만든 후

, 도 16에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)를 제 1 슬리브(21)에 결합시키고 도 17과 같이 개폐수단(3)을 이용해 제 2 슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 개방시킨다.

<166> 이 상태에서, 제1플런저(52)를 이용해 제2슬리브(22) 내의 반응고 금속 슬러리를 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)측으로 가압한다. 그리고, 이 제1플런저(52)에 의한 가압에 의해 제1슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)로부터 토출된 반응고 금속 슬러리를 성형 다이(8)로 주입시킨다. 이 때, 성형 다이(8)로 주입된 슬러리(S)는 도 17에서 볼 수 있듯이, 성형 다이(8)의 슬러리 주입구(84)를 통해 성형 공동(83) 내로 주입되어 성형되며, 여기서 급속히 냉각되어 성형 공동(83)의 형상에 대응된 다이캐스트재(D)를 제조하게 되는 것이다. 성형이 종료된 후에는 이동다이(81)가 후퇴되어 성형 다이(8)가 분리되고, 이에 따라 성형 공동(83)으로부터 다이캐스트재(D)를 인출해 낸다.

<167> 이러한 본 발명에 있어서도, 슬러리 상태에서 다이캐스팅을 행하기 때문에 고품질의 다이캐스트재를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있기 때문에, 상기 제1실시예와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다.. 뿐만 아니라, 성형 다이(8)에 주입되는 슬러리의 온도가 낮고, 저압으로 주입하므로 성형 다이(8)의 수명이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

<168> 또한, 제조되는 슬러리에 발생될 수 있는 산화물이 슬러리의 맨 윗부분에 생기게 되어, 이 산화물이 형성된 부분이 성형공동(83) 내로 주입되지 않아, 고품질의 성형품을 얻을 수 있게 된다.

<169> 한편, 전술한 바와 같은 반응고 성형장치는 도 18 및 도 19에서 볼 수 있는 제5실시예와 같이, 제 1 슬리브(21)를 수직하도록 배치하고, 이 제 1 슬리브(21)의 상단 개구부인 슬러리 삽입구(24)와 제 2 슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)가 동심상으로 연통되도록, 제1슬리브(21)



위에 제2슬리브(22)를 수직하게 배치하도록 구성할 수도 있다. 이 경우, 제2슬리브(22)의 하단에 제1슬리브(21)가 연결되어 있다. 그리고, 이 제2슬리브(22)는 지지프레임(14)상에 설치 고정되어 있다.

<170> 여기서, 이들 제2슬리브(22) 및 제1슬리브(21)의 각각의 내주면은, 이 제2슬리브(22) 내에서 제조한 반응고 금속 슬러리(S)를 자중에 의해 낙하시켜 빼낼 수 있도록, 테이퍼상으로 형성될 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 제 1 슬리브(21)의 하단측인 슬러리 토출구(23)에는 성형 다이(8)와 같은 성형부가 결합된다. 도 18에서는 전술한 성형 다이(8)만을 도시하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 전술한 압출부 및 프레스 성형부가 모두 구비될 수 있음은 물론이다.

<171> 이러한 본 발명의 바람직한 제 5 실시예에 따른 반응고 성형장치에 있어서, 상기 제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는 별도로 회동하지 않도록 고정적으로 결합되며, 그 사이에는 전술한 바와 같은 개폐 수단(3)이 구비되어 있다. 그리고, 이 제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는 일체로 형성될 수도 있다. 이 경우에는 상기 개폐 수단(3)이 일체로 형성된 슬리브의 내측에 구비될 수 있다.

<172> 상기와 같은 반응고 성형장치는 먼저 도 18에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)의 상단의 주입구(25)로부터 용융상태의 금속재료(M)를 주입하여 반응고 금속 슬러리를 만든다. 그 다음에는, 개폐수단(3)을 이용해 제 2 슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 개방시켜 이 제2슬리브(22)내의 반응고 금속 슬러리를 자중에 의한 작용으로 제 1 슬리브(21)내로 낙하 이동시킨다. 이 때, 제2슬리브(22)내에서 제조된 슬러리는, 반응고 금속 슬러리(S)의 자중에 의한 중력의 작용에 의해 제2슬리브(22)로부터 빠져 낙하될 수 있는 정도의 고상율을 갖고 있다.

이 후에는, 도 19에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 1 플런저(52)를 상기 제 2 슬리브(22)의 주입구(25)로부터 삽입해, 제1슬리브(21) 내의 슬러리를 성형 다이(8)의 방향으로 가압한다.

<173> 이 성형 다이(8)로 주입된 슬러리는 성형 다이(8)의 슬러리 주입구(84)를 통해 성형 공동(83) 내로 주입되어 성형되며, 급속히 냉각되어 성형 공동(83)의 형상에 대응된 다이캐스트재(D)를 제조하게 되는 것이다. 이 때, 별도의 냉각장치(미도시)가 더 부가되어 성형 공동(83) 내로 주입된 슬러리를 급냉시킬 수 있다. 성형이 종료된 후에는 이동다이(81)가 후퇴되어 성형 다이(8)가 분리되고, 이에 따라 성형 공동(83)으로부터 다이캐스트재(D)를 인출해 낸다.

<174> 이러한 본 발명에 있어서도, 슬러리 상태에서 다이캐스팅을 행하기 때문에 고품질의 다이캐스트재(D)를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있다. 뿐만 아니라, 성형 다이(8)에 주입되는 슬러리의 온도가 낮고, 저압으로 주입하므로 성형 다이(8)의 수명이 저하되는 것을 방지할 수 있기 때문에, 상기 제4실시예와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다.

<175> 또한, 제2슬리브(22) 내에서 제조된 반응고 금속 슬러리 자체의 자중에 의한 중력의 작용에 의해, 이 반응고 금속 슬러리(S)를 제2슬리브(22)로부터 제1슬리브(21) 내로 낙하시킬 수 있다. 따라서, 이 제2슬리브(22) 내의 슬러리를 제1슬리브(21)로 이동시키는 공정을 용이하게 할 수 있다.

<176> 상기와 같은 구조에 있어, 제 2 슬리브(22)는 전술한 바와 같이, 하방으로 확대되도록 테이퍼진 형상으로 구비될 수 있다. 또한, 제 1 슬리브(21)도 하방으로 확대되도록 테이퍼진 형상으로 구비될 수 있는 데, 즉, 제조된 슬러리가 성형 다이(8)의 방향으로 자중에 의해 하강되거나, 제 1 플런저(52)에 의해 가압될 때에, 이 슬러리의 진행이 보다 원활하게 이뤄질 수

있도록, 성형 다이(8)의 방향으로 단면적이 넓게 형성되도록 테이퍼지게 형성할 수 있는 것이다.

<177> 본 발명에 따른 반응고 성형장치는 도 20 및 도 21에서 볼 수 있는 제6실시예와 같이, 제 1 슬리브(21)의 몸체에 제2슬리브(22)의 타단측을 연결시켜, 제 2 슬리브(22)가 제 1 슬리브(21)로부터 분기되도록 결합시킨 구성으로 할 수도 있다. 이 경우, 제1슬리브(21)는 그 축방향이 지면에 대해 수평하게 된 상태로 설치되어 있다. 그리고, 제2슬리브(22)는, 제1슬리브(21)의 몸체로부터 상방을 향하도록 분기되어 연결되어 있다. 이 제1슬리브(21)의 개구부(31)에는, 가압용 제 2 플런저(53)가 슬라이딩 가능하도록 삽입되어 있다. 여기서, 이 제2플런저(53)의 선단면인 가압면(55)은 이 제2플런저(53)의 이동방향에 직교하는 평탄한 평면으로 되어 있다.

<178> 이 제 1 슬리브(21)의 슬러리 토출구(23)의 외측에는 성형 다이(8)와 같은 성형부가 결합된다. 도 20에서는 전술한 성형 다이(8)만을 도시하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 전술한 압출부 및 프레스 성형부가 모두 구비될 수 있음은 물론이다.

<179> 또, 제2슬리브(22)는, 이 제2슬리브(22)의 일단측의 주입구(25)측이 상방으로 향하고, 타단측의 슬러리 배출구(26)가 하방으로 향한 상태에서 약 45°각도로 경사져 있다. 그리고, 이 제2슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)는, 제1슬리브(21)의 축방향을 따라 대략 중간부에 연결되어 있다. 그리고, 상기 제 2 슬리브(22)의 타단측에는, 이 타단측을 개폐하는 개폐수단(3)으로서의 스톱퍼(31)가 위쪽으로부터 결합되어 있다. 또, 제2슬리브(22)의 외측에는 전술한 바와 같이 교반부(1)가 구비되어 있다.

<180> 또한, 이 제2슬리브(22)에는 용융 상태의 금속재료를 주입시키는 별도의 용탕 주입구(28)가 형성될 수 있다. 이 용탕 주입구(28)는, 제2슬리브(22)에 결합된 교반부(1)보다도 위쪽

에 결합되어 있고, 제2슬리브(22)의 몸체로부터 상방을 향해 돌출되어 있다. 또, 이 용탕 주입구(28)는, 제2슬리브(22)내로 연통되어 있으며, 제2슬리브(22) 내의 교반부(1)에 의해 전자기장이 인가되는 슬러리 제조영역(T)에 용융된 금속재료(M)를 주입시킨다.

<181> 한편, 상기 제 2 슬리브(22)는 제 1 슬리브(21)의 방향으로 확대되도록 테이퍼진 형상으로 구비될 수 있다. 이에 따라, 제 2 슬리브(22)에서 제조된 슬러리는 제 1 슬리브(21)로 중력에 의해서도 내려올 수 있고, 제 1 플런저(52)에 의해서도 내려오기가 더욱 수월해진다.

<182> 도 20에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)의 타단측을 스톱퍼(31)에 의해 폐쇄한 상태에서, 용탕 주입구(28)로부터 용융상태의 금속재료(M)를 주입하고, 이 금속재료를 교반부에 의한 전자기장 인가에 의해 슬러리로 만든다. 그 다음에는, 스톱퍼(31)를 상방으로 이동시켜 제 2 슬리브(22)의 슬러리 배출구(26)를 개방시킨 후, 이 슬러리를 제1슬리브(21)로 이동시켜 토출시킨다. 이 때, 제 2 슬리브(22)의 제 1 플런저(52)를 제 1 슬리브(21)의 방향으로 가압하여 슬러리의 토출을 촉진시킬 수 있다.

<183> 슬러리가 제 1 슬리브(21)에 유입되면, 도 21에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 플런저(53)를 상기 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압하여 슬러리가 성형 다이(8)에 주입되도록 한다. 성형 다이(8)로 주입된 슬러리는 성형 다이(8)의 슬러리 주입구(84)를 통해 성형 공동(83)내로 주입되어 성형되며, 급속히 냉각되어 성형 공동(83)의 형상에 대응된 다이캐스트재(D)를 제조하게 되는 것이다. 이 때, 별도의 냉각장치(미도시)가 더 부가되어 성형 공동(83) 내로 주입된 슬러리를 급냉시킬 수 있다. 성형이 종료된 후에는 이동다이(81)가 후퇴되어 성형 다이(8)가 분리되고, 이에 따라 성형 공동(83)으로부터 다이캐스트재(D)를 인출해 낸다.

<184> 이러한 본 발명에 있어서도, 슬러리 상태에서 다이캐스팅을 행하기 때문에 고품질의 다이캐스트재를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을

단축할 수 있다. 뿐만 아니라, 성형 다이(8)에 주입되는 슬러리의 온도가 낮고, 저압으로 주입하므로 성형 다이(8)의 수명이 저하되는 것을 방지할 수 있기 때문에, 전술한 제4실시예와 동일한 작용효과를 얻을 수 있다.

<185>       상기와 같은 본 발명의 구성은 도 22에서 볼 수 있듯이, 제 1 슬리브(21)를 지면에 수직 한 방향으로 배치하고, 제 2 슬리브(22)가 제 1 슬리브(21)에 분기되도록 결합시킬 수 있다. 이러한 도 22에 따른 본 발명의 제 7 실시예는 제조된 슬러리가 자중에 의해 성형 다이(8)의 방향으로 쉽게 이동될 수 있어 공정을 더욱 가속시킬 수 있다. 이를 위하여, 제 2 슬리브(22) 뿐 아니라, 제 1 슬리브(21)의 경우에도 그 입구측으로부터 출구 측으로 서서히 확대된 테이퍼 상으로 형성될 수 있다.

<186>       또한, 상술한 바와 같은 제 6 실시예 및 제 7 실시예에 있어, 제조되는 슬러리에 발생될 수 있는 산화물이 슬러리의 맨 윗부분에 생기게 되어, 이 산화물이 형성된 부분이 성형다이(8)로 주입되지 않게 된다. 따라서, 고품질의 성형품을 얻을 수 있게 된다.

<187>       한편, 상술한 제 6 실시예 및 제 7 실시예에서는, 제 1 플런저(52)의 선단면인 가압면(54)을, 이 제1플런저(52)를 제1슬리브(21)의 측으로 이동시킬 때에, 그 가압면이 제1슬리브(21)의 내주면과 일치되도록, 제1플런저(52)의 이동방향에 대해 약 45°정도 경사지도록 할 수 있다.

<188>       이 경우, 이 제1플런저(52)의 가압면(54)은, 제2슬리브(22) 내의 슬러리를 제1플런저(52)에 의해 가압할 때에, 슬러리 전부를 제1슬리브(21) 내로 이동시킬 수 있도록, 제1슬리브(21)의 내주면과 동일한 평면으로 형성되어 있다. 즉, 제1플런저(52)의 가압면(54)은, 제1슬리브(21)의 슬러리 삽입구(24)를 이 제1슬리브(21)의 내주면을 따라 폐쇄할 수 있도록 구성되어

있다. 따라서, 이 제1폴런저(52)의 가압면(54)의 경사각도는 제1슬리브(21)에 대한 제2슬리브(22)의 경사각도와 동일하다.

<189> 본 발명은 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 도 23에 도시된 제8실시예와 같이, 제1폴런저(52)의 선단면인 가압면(54)을 제1폴런저(52)의 이동방향에 직교하는 평탄한 평면이 되도록 형성할 수도 있다. 또한, 이는 도 22에 따른 제7실시예에도 동일하게 적용될 수 있음은 물론이다.

<190> 또, 도 24에 도시된 본 발명의 제9실시예와 같이, 축방향을 지면에 대해 수직하게 설치한 제1슬리브(21)의 상단측에 성형다이(8)를 결합하고, 이 제1슬리브(21)의 하단측으로부터 제2폴런저(53)를 슬라이딩가능하게 삽입 설치하여도, 상기 제7실시예와 동일한 작용 및 효과를 얻을 수 있다.

<191> 이상 설명한 바와 같은 본 발명의 반응고 성형장치는 다양한 금속/합금, 예를 들면, 알루미늄이나 그 합금, 마그네슘이나 그 합금, 아연 또는 그 합금, 구리 또는 그 합금, 또는 철 또는 그 합금 등의 반응고 성형법에 범용적으로 적용될 수 있음은 물론이다.

<192> 즉, 응고이론적으로 고찰하면, 슬리브에 주입하기 전의 용융금속의 온도는, 이 용융금속으로 사용되는 합금계의 비열의 문제로 논의될 수 있다.

<193> 알루미늄의 비열은 약 0.25kcal/g이고, 이 알루미늄 이외의 합금계, 예컨대, 마그네슘(약0.18kcal/g), 아연(약0.1kcal/g), 구리(약0.1kcal/g), 철(약0.1kcal/g) 등의 비열은 알루미늄 보다 작다. 따라서, 알루미늄 이외의 다른 합금계에서는 알루미늄에 비해 필수 열량이 적은 효과가 있기 때문에, 이들 합금계의 용융금속을 액상선+100℃로 한 상태에서 슬리브에 주입해

도, 잠열이 생기지 않는다. 이 때문에, 이들 용융금속으로부터 비열만을 취하면, 결정핵을 성장시킬 수 있기 때문에, 이들 합금계에 있어서도 동일한 작용효과를 얻을 수 있다.

<194> 이론적으로, 액상으로부터 고상으로 변화하는 온도( $T_\ell$ )와 고상으로부터 액상으로 변화하는 온도( $T_s$ )의 차이, 즉,  $T_\ell - T_s = \Delta T$ 가 0이 되면 어떠한 합금계에 있어서도, 금속의 온도를  $T_\ell$ 과  $T_s$ 의 사이에서 조정함에 따라 결정핵을 형성할 수 있다.

<195> 한편, 주물(鑄物)산업에서 일반적으로 사용되는 순알루미늄에는 1%정도의 불순물이 함유되어 있다. 또한, 주물산업에서 일반적으로 사용되는 순마그네슘, 순아연, 순구리 및 순철에도 각각 1%정도의 불순물이 함유되어 있다.

<196> 따라서, 액상으로부터 고상으로 변화하는 온도( $T_\ell$ )와 고상으로부터 액상으로 변화하는 온도( $T_s$ )의 차이가 "0"이 아니고, 비열이 알루미늄보다 작으며, 동시에 전자기장의 인가로 용융금속에 자기장이 형성되는 마그네슘, 아연, 아연합금, 구리, 구리합금, 철 및 철합금에서도, 알루미늄합금과 같은 결과를 얻을 수 있게 된다.

#### 【발명의 효과】

<197> 상기한 바와 같이, 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

<198> 첫째, 전체적으로 균일, 미세한 구상의 조직을 갖는 성형품을 얻을 수 있다.

<199> 둘째, 액상선보다 높은 온도에서의 단시간의 교반만으로도 슬리브 벽면에서의 핵생성 밀도를 현저히 증가시켜 입자의 구상화를 실현할 수 있다.

<200> 셋째, 제조된 성형품의 기계적 성질의 향상을 실현할 수 있다.

<201> 넷째, 전자기장 교반 시간을 크게 단축시킬 수 있으므로 교반에 필요한 에너지의 소모가 적다.

- <202> 다섯째, 전체 공정을 단순화하고, 제품성형시간도 아울러 단축되어 생산성을 향상시킬 수 있다.
- <203> 여섯째, 슬러리 상태에서 성형하므로, 저압에 의해 성형이 가능하다.
- <204> 일곱째, 저압 성형에 의해 장치 부품의 내구성이 높아지고, 에너지 손실을 막을 수 있으며, 제조 시간을 단축시킬 수 있다.
- <205> 여덟째, 제조되는 슬러리에 발생될 수 있는 산화물이 슬러리의 맨 윗부분에 생기게 되어, 이 산화물이 형성된 부분이 성형되지 않고, 비스킷에 의해 외부로 취출될 수 있다. 따라서, 고품질의 성형품을 얻을 수 있게 된다.
- <206> 본 명세서에서는 본 발명을 한정된 실시예를 중심으로 설명하였으나, 본 발명의 사상적 범위내에서 다양한 실시예가 가능하다. 또한 설명되지는 않았으나, 균등한 수단도 또한 본 발명에 그대로 결합되는 것이라 할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 보호범위는 하기 특허청구 범위에 의하여 정해져야 할 것이다.



**【특허청구범위】****【청구항 1】**

일단에 슬러리 토출구가 설치된 제1슬리브;

일단이 상기 제1슬리브에 연통되고, 용융된 상태의 금속재료가 주입되는 제2슬리브;

상기 제2슬리브의 일단부를 개폐하는 개폐 수단;

소정의 전자기장을 상기 제2슬리브에 인가하는 교반부; 및

상기 제2슬리브의 타단에 슬라이딩 가능하도록 삽입되는 것으로, 상기 제 2 슬리브에서 제조된 슬러리를 가압하는 제 1 플런저;를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,

상기 개폐수단은 상기 제2슬리브의 일단부에 개폐 가능하도록 구비된 스톱퍼인 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서,

상기 제 1 슬리브의 슬러리 토출구에 결합되어, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리로 부터 소정의 성형품을 형성하는 성형부를 더 구비한 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 4】**

제3항에 있어서,

상기 성형부는,

상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리를 이송하는 이송수단; 및

상기 이송 롤러에 이송되는 슬러리를 냉각하는 냉각 장치;를 구비한 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【청구항 5】

제3항에 있어서,

상기 성형부는, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리를 가압해 소정의 성형품으로 형성하는 가압 금형을 구비한 프레스 성형부인 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【청구항 6】

제3항에 있어서,

상기 성형부는, 이동 다이와 고정 다이에 의해 소정의 성형 공동이 형성되고, 상기 슬러리 토출구로부터 토출된 슬러리가 상기 성형 공동으로 주입되도록 구비된 성형 다이인 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【청구항 7】

제1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 슬리브에는 상기 슬러리 토출구측으로 가압되는 슬러리의 온도를 조절하는 제 1 온도조절장치가 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【청구항 8】

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 슬리브에는 상기 제 2 슬리브 내에 주입된 금속재료의 온도를 조절하는 제 2 온도조절장치가 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 9】**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 슬리브는 비자성재로 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 10】**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 슬리브는 그 축방향이 지면에 수평한 통형상이고, 상기 제 2 슬리브는 상기 제 1 슬리브에 소정 각도 회동 가능하도록 결합된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 11】**

제10항에 있어서,

상기 교반부는 상기 제 2 슬리브의 회동에 연동하여 회동되도록 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 12】**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 슬리브는 상기 제 1 슬리브로부터 분기되도록 구비되고, 상기 제 1 슬리브에는 슬러리를 상기 슬러리 토출구의 방향으로 가압하는 제 2 플런저가 슬라이딩 가능하도록 결합되는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 13】**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 슬리브는 상기 금속재료가 주입되는 측으로부터 상기 제 1 슬리브가 결합되어 있는 측을 향해 확대된 테이퍼상으로 형성된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

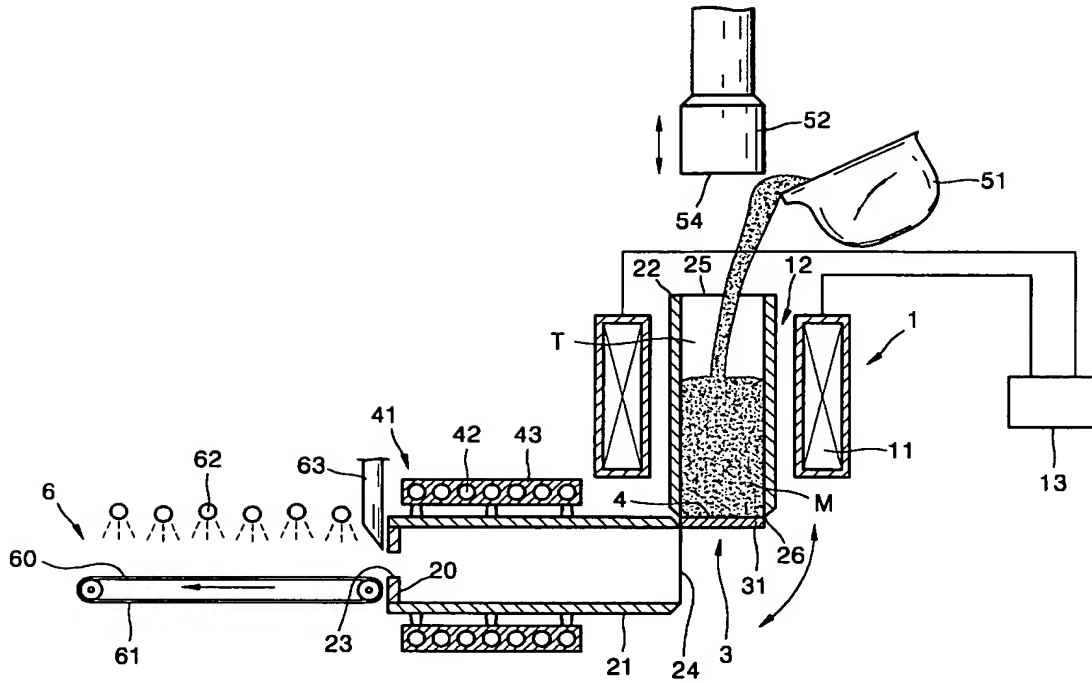
## 【청구항 14】

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

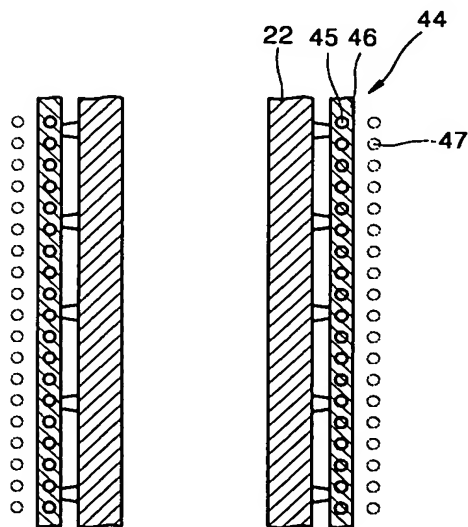
상기 교반부에 전기적으로 연결되어, 상기 교반부가 소정의 전자기장을 상기 용융 금속이 제2슬리브에 주입되기 이전부터 상기 제 2 슬리브에 인가하도록 하고, 주입된 금속에 결정핵이 생성된 시점에서 상기 제2슬리브에 대한 상기 전자기장의 인가를 종료하도록 구비된 전자기장 인가 조절부가 더 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【도면】

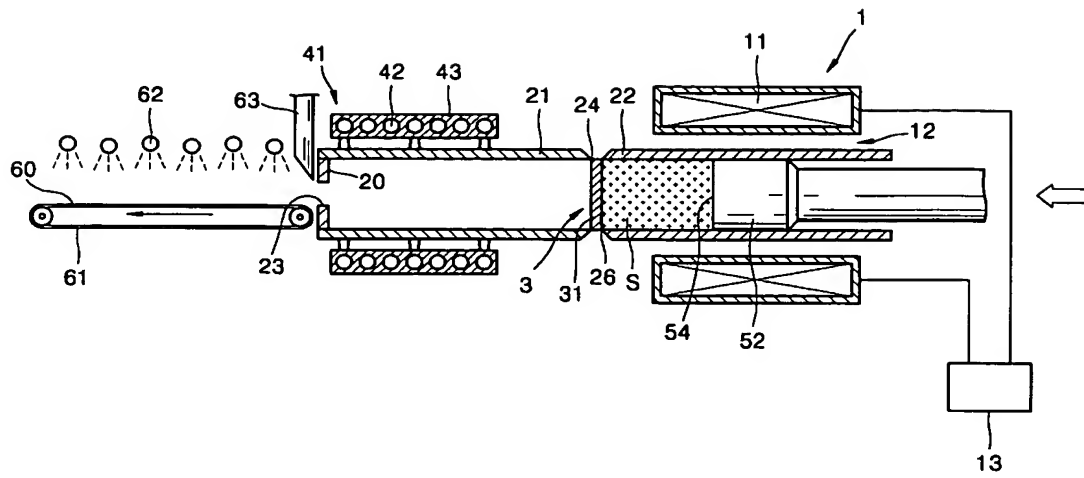
【도 1】



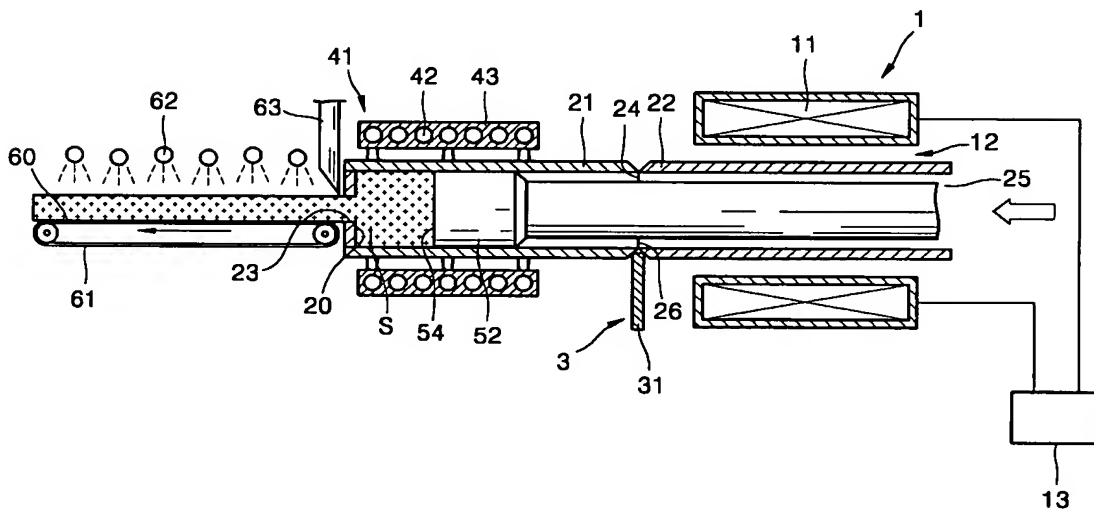
【도 2】



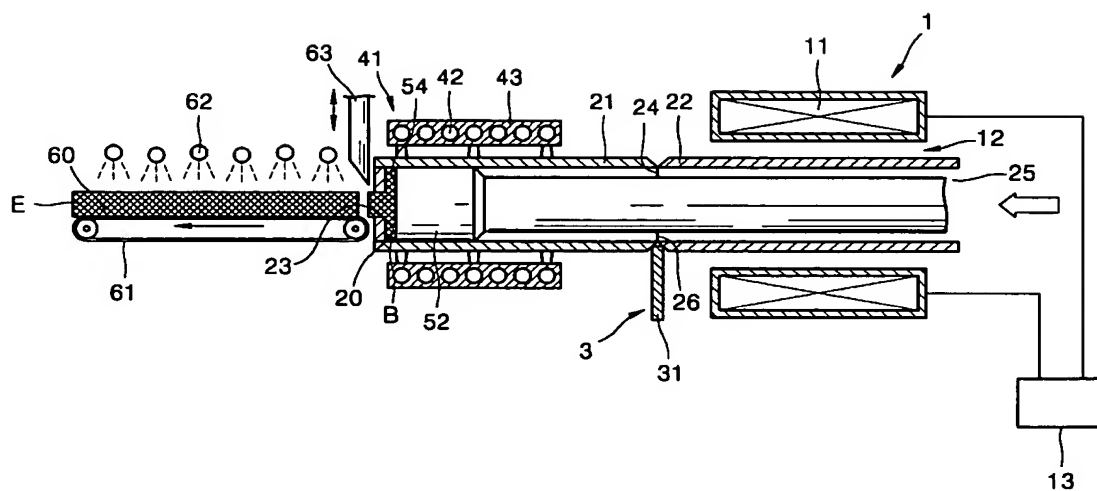
【도 3】



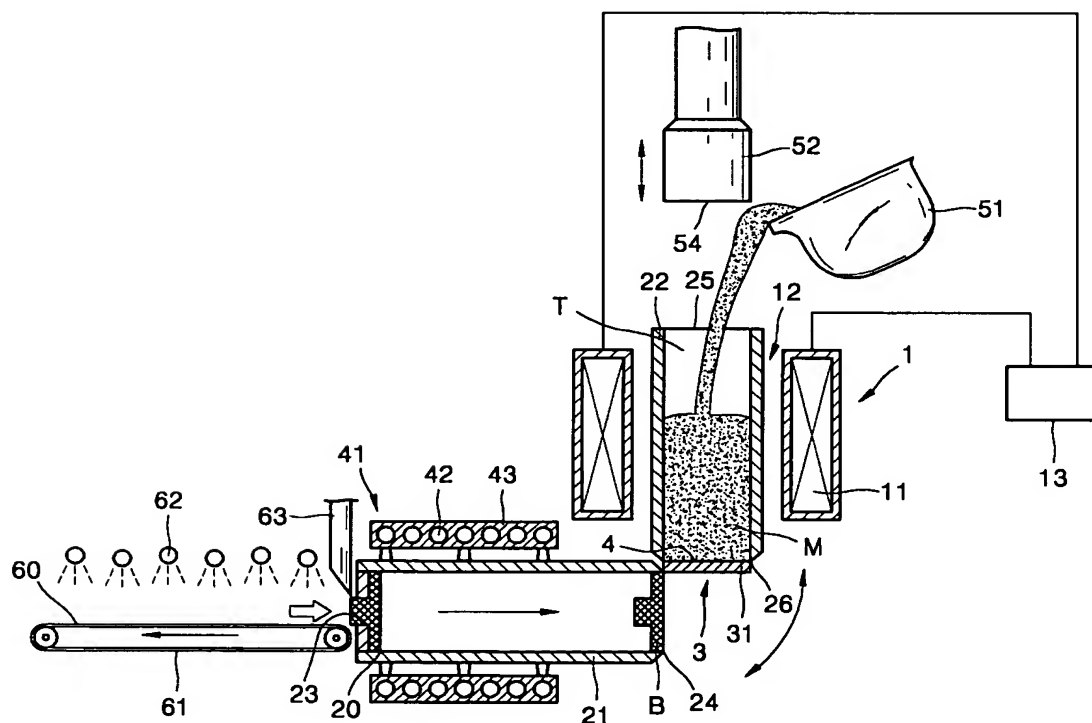
【도 4】



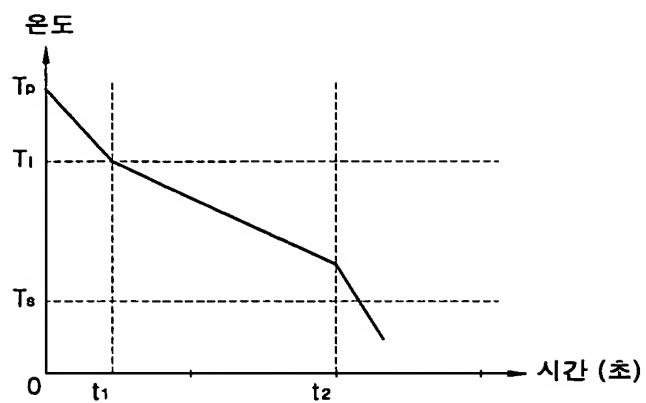
【도 5】



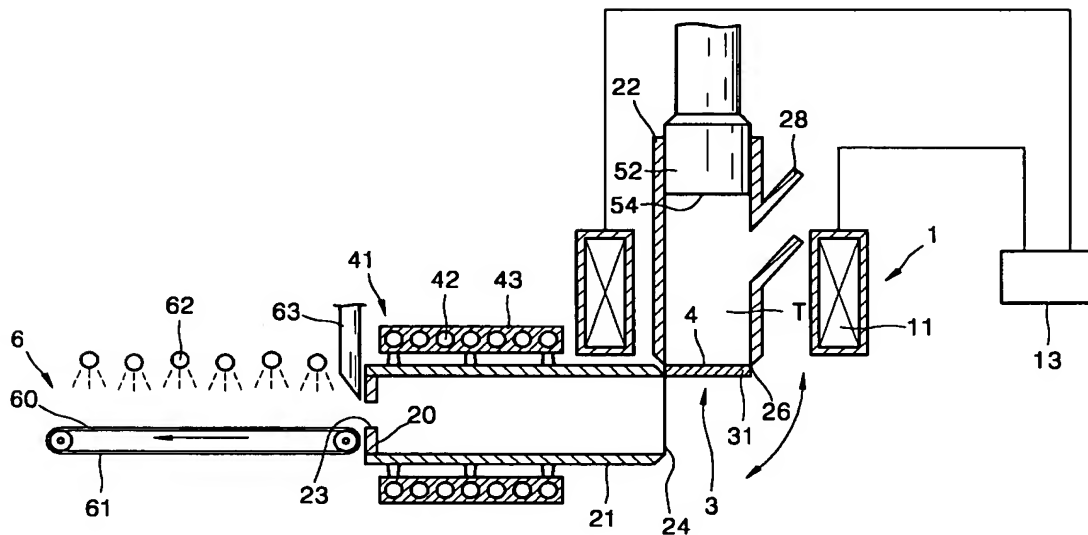
【도 6】



【도 7】

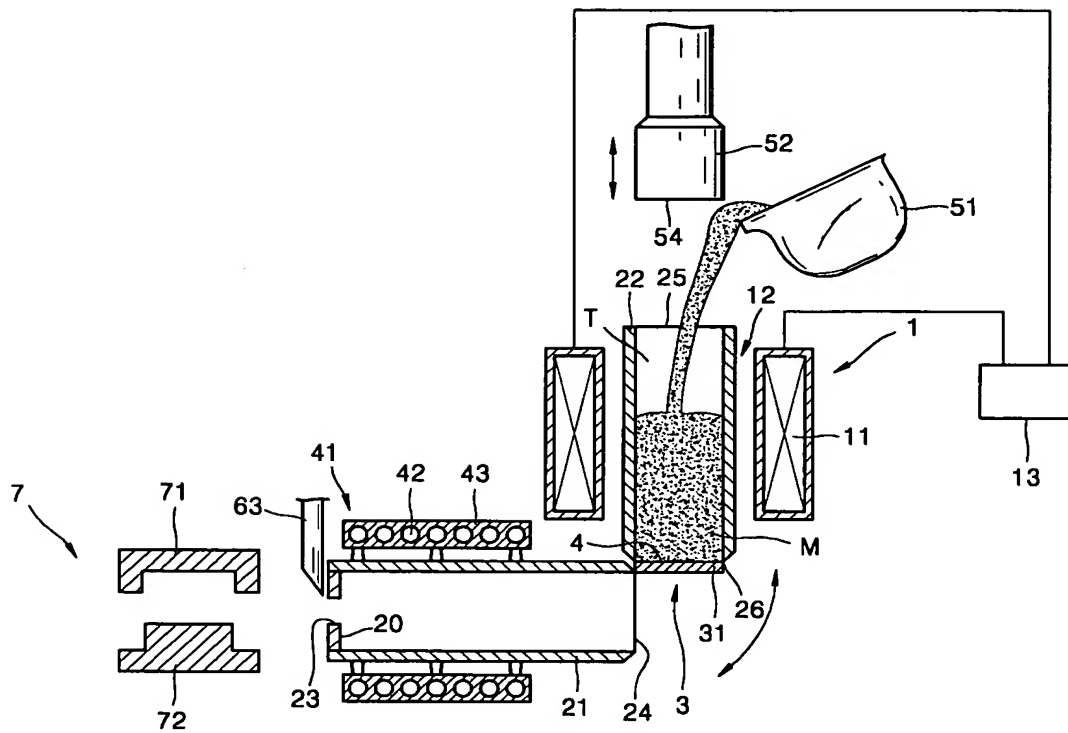


【도 8】

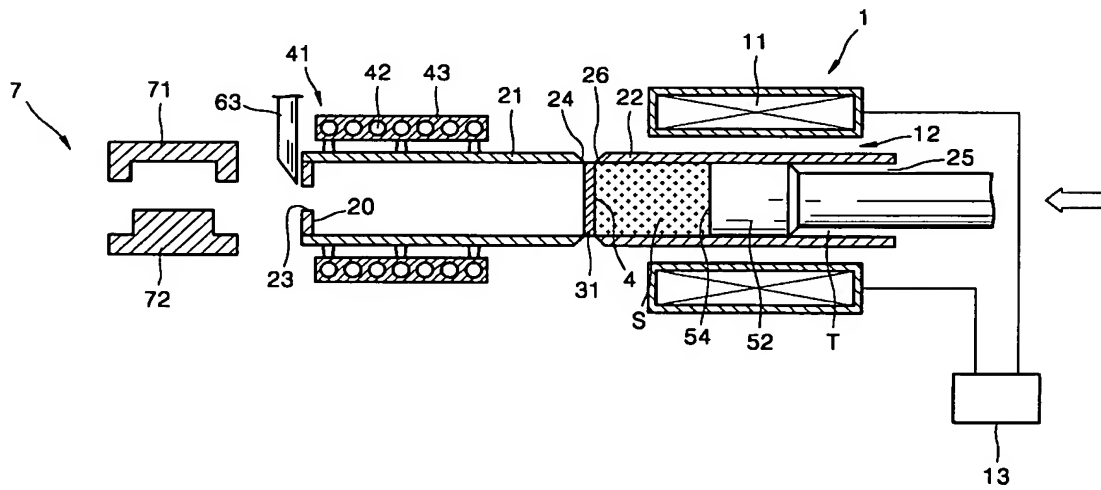




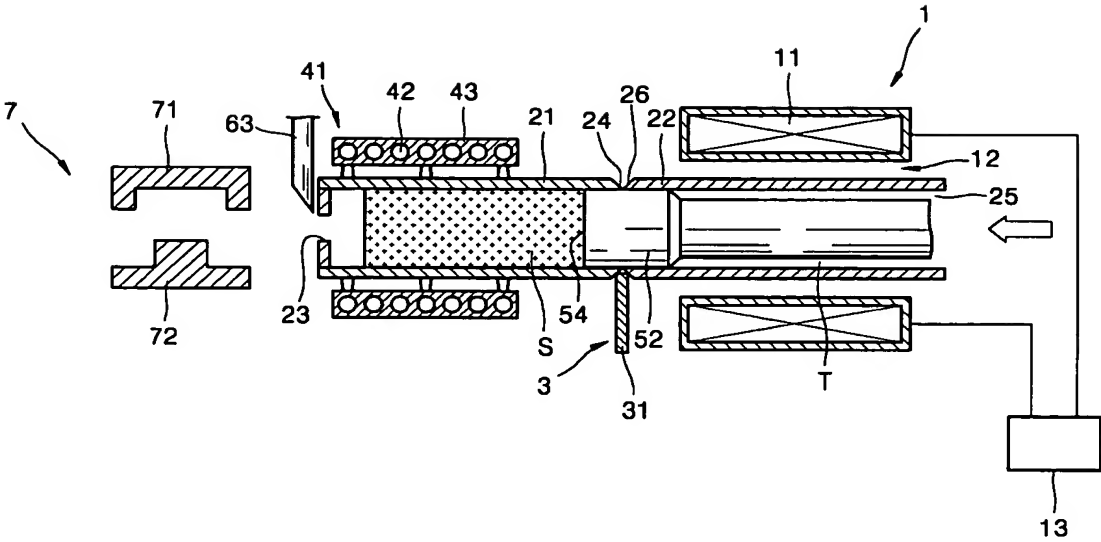
【도 9】



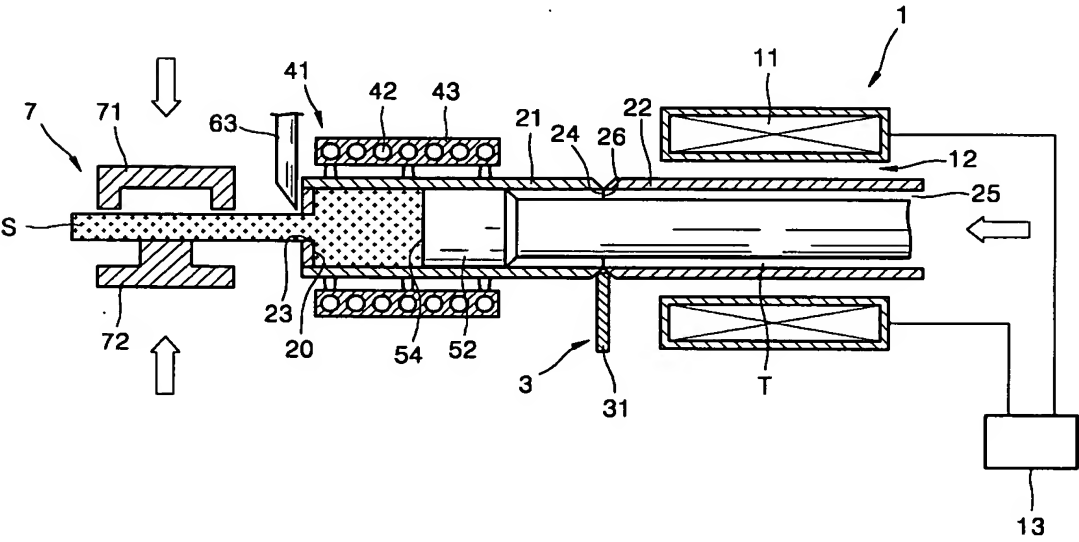
【도 10】



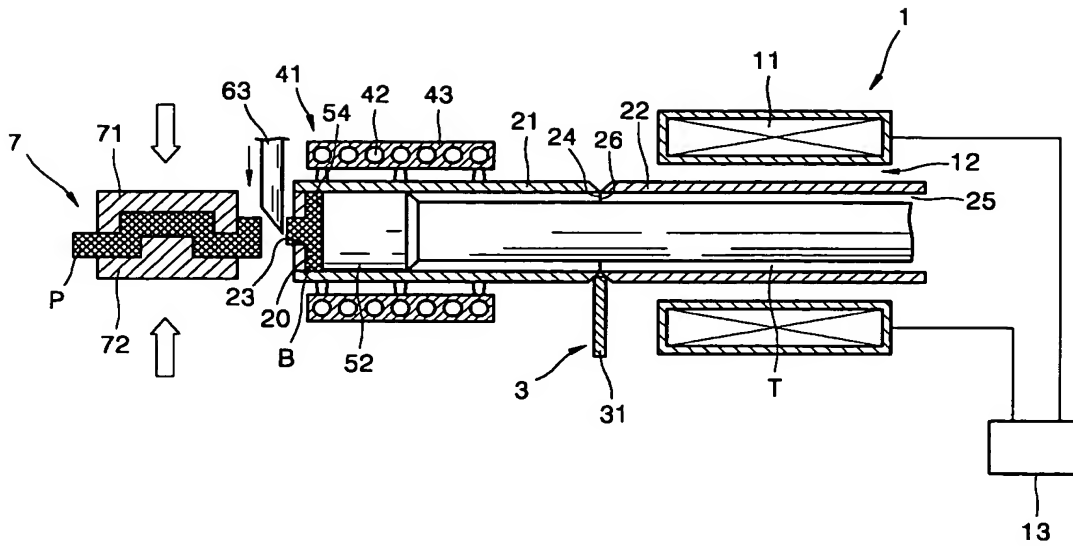
【도 11】



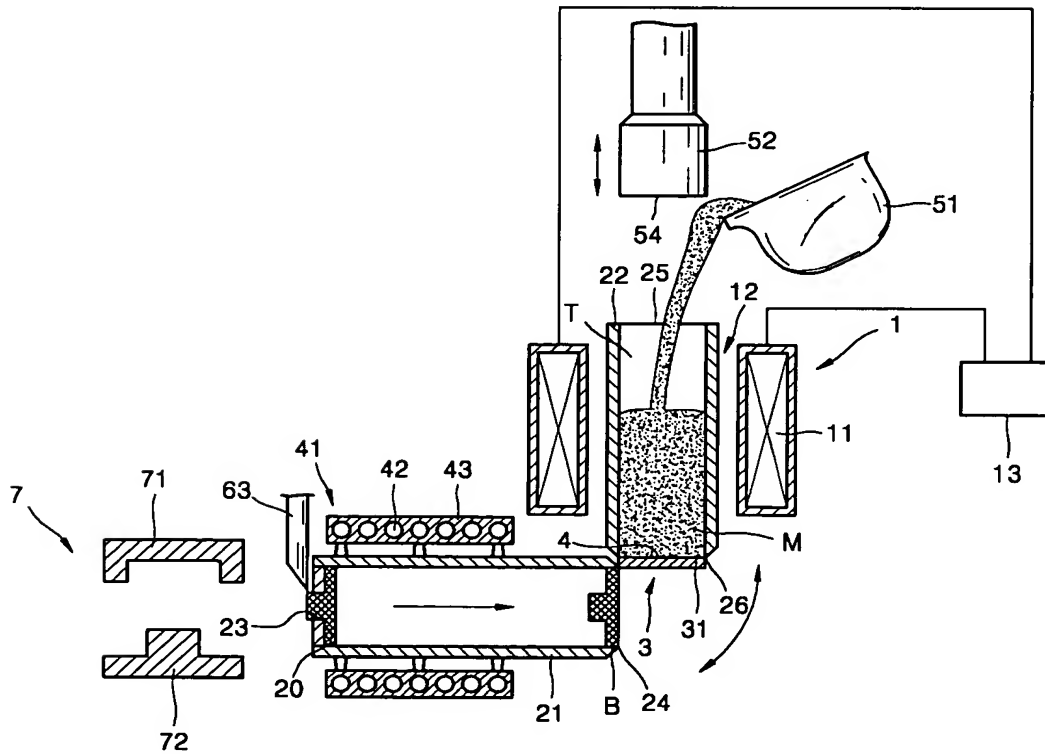
【도 12】



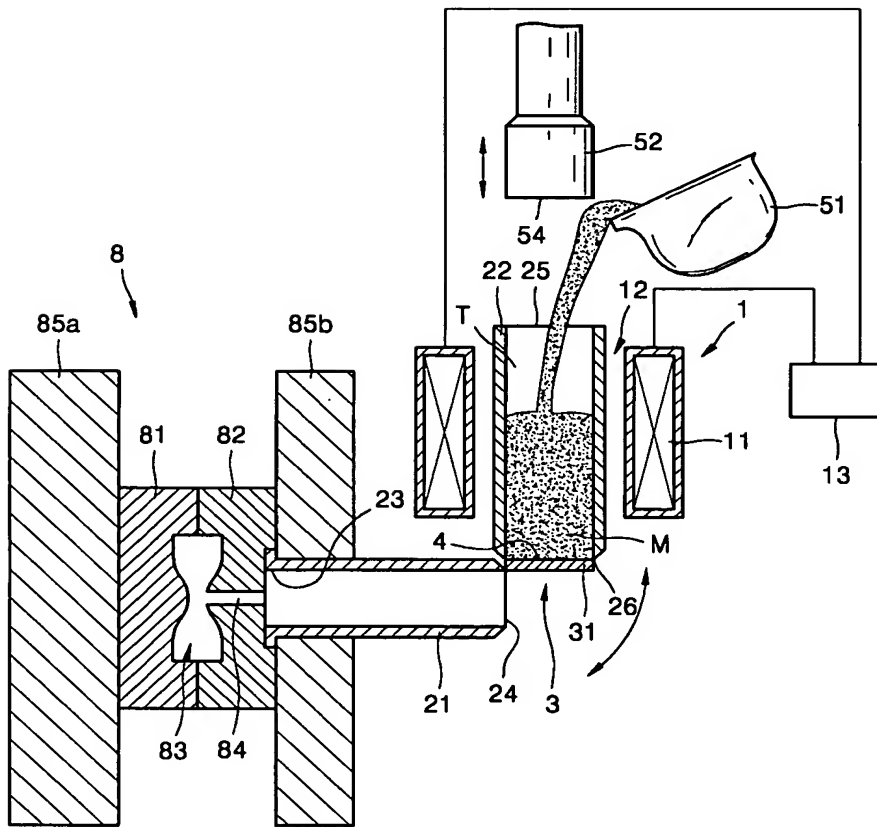
【도 13】



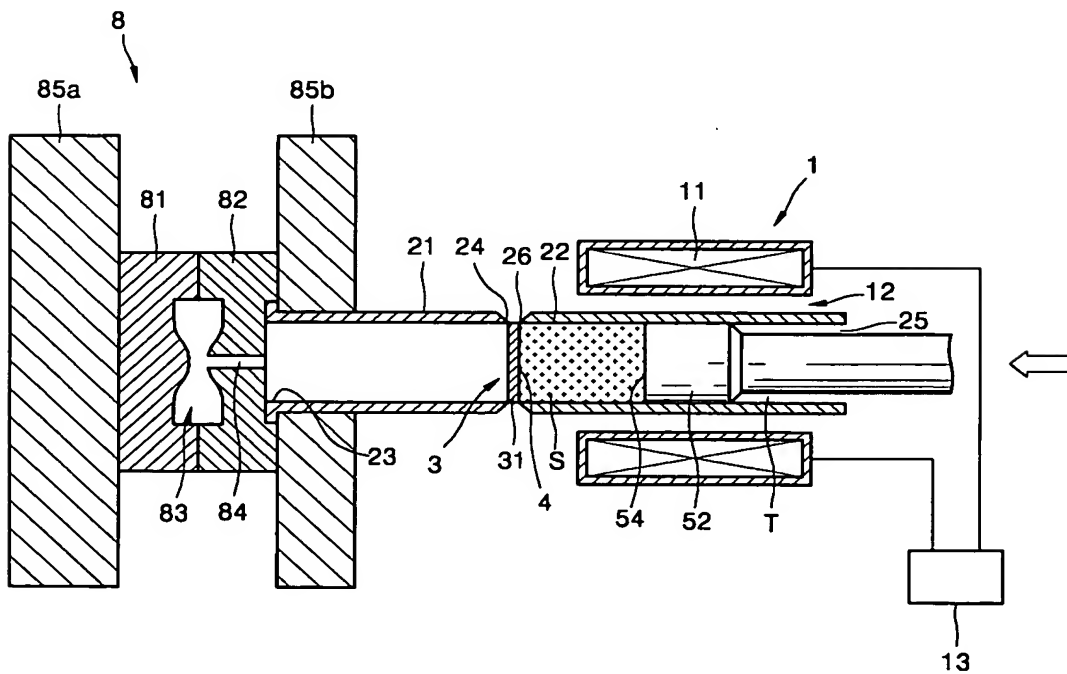
【도 14】



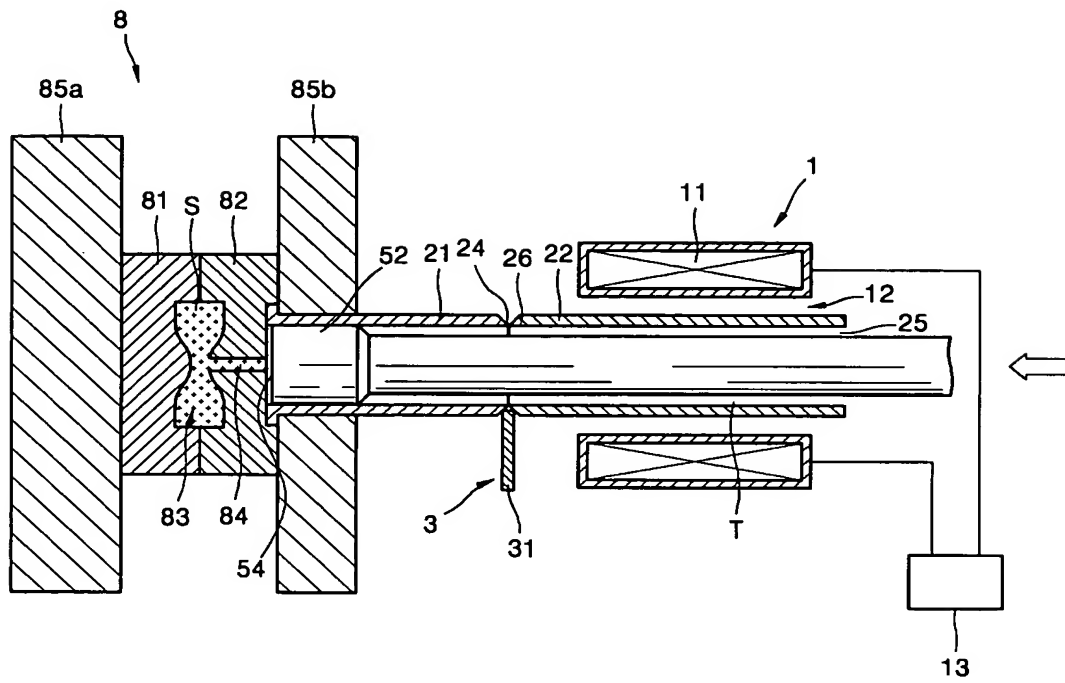
【도 15】



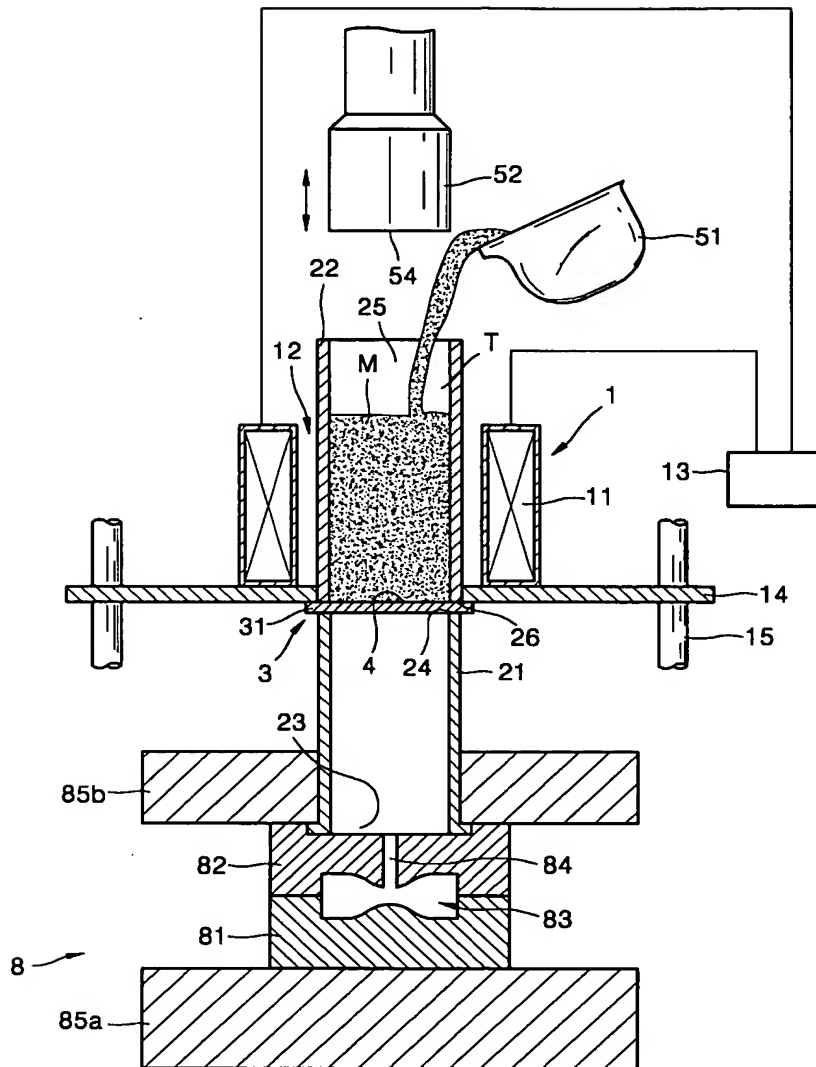
【도 16】



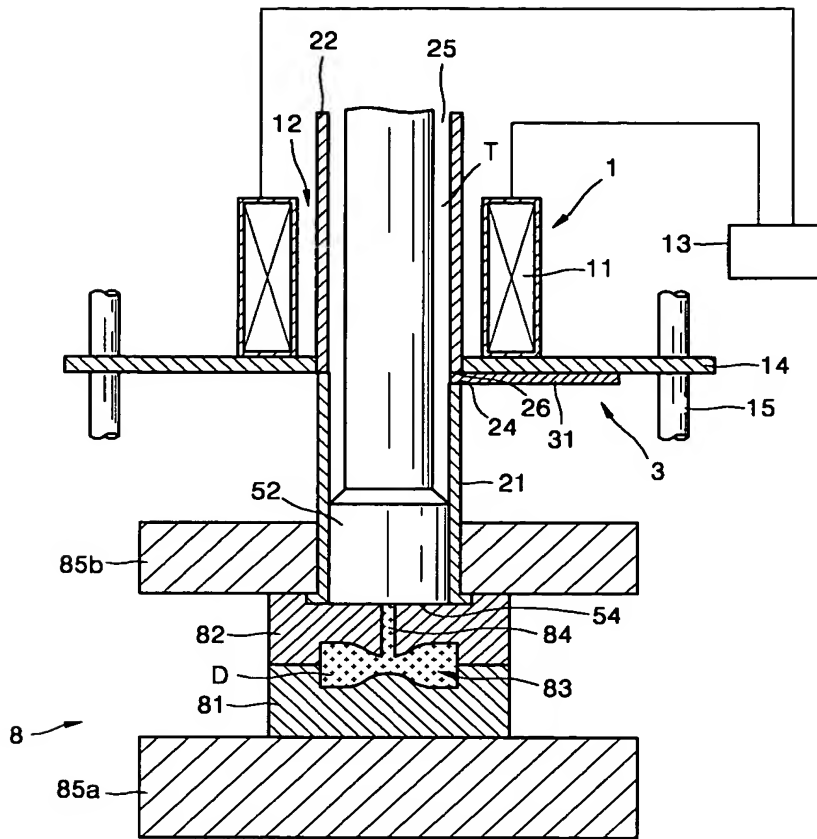
【도 17】



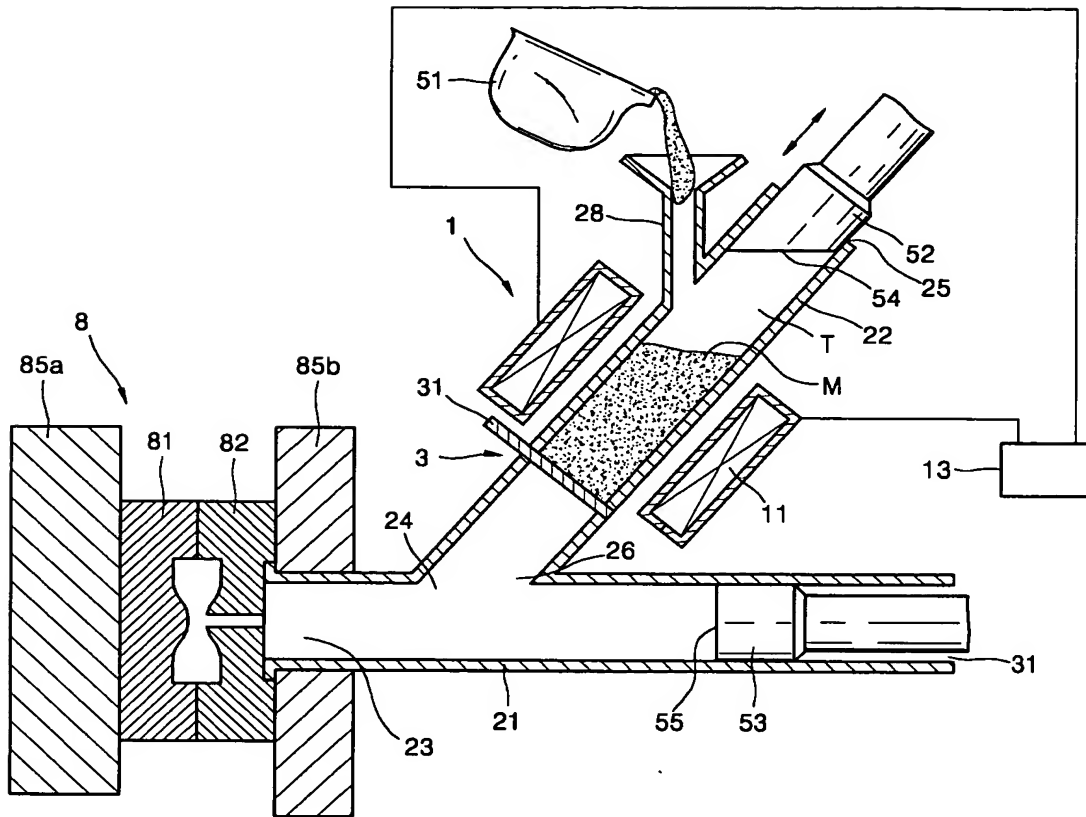
【도 18】



【도 19】

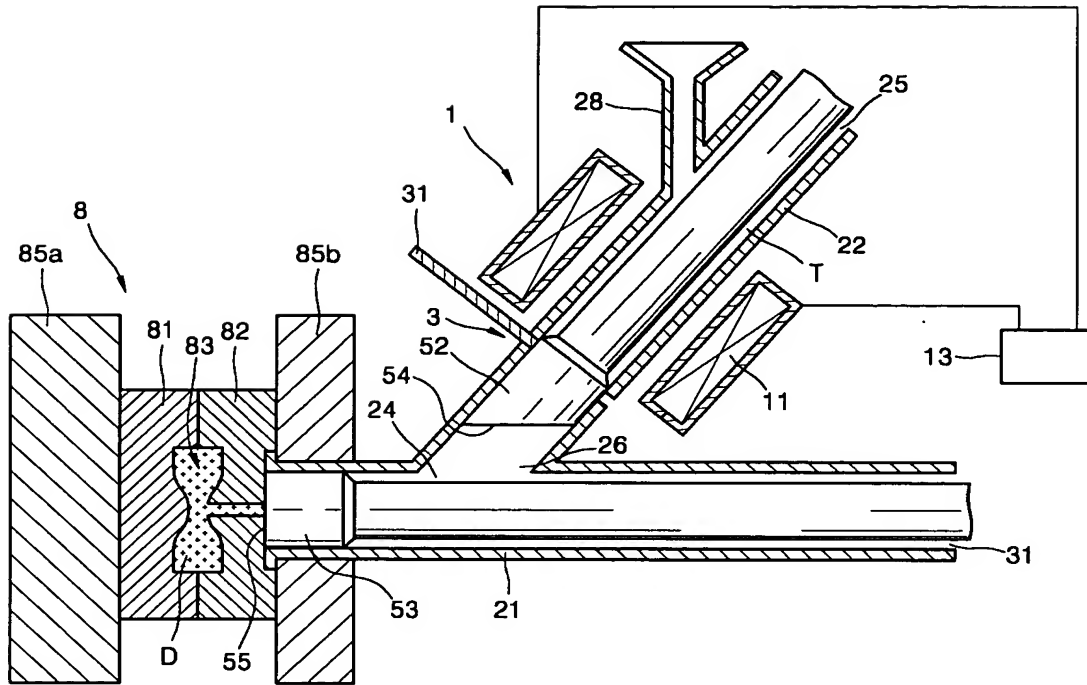


【도 20】

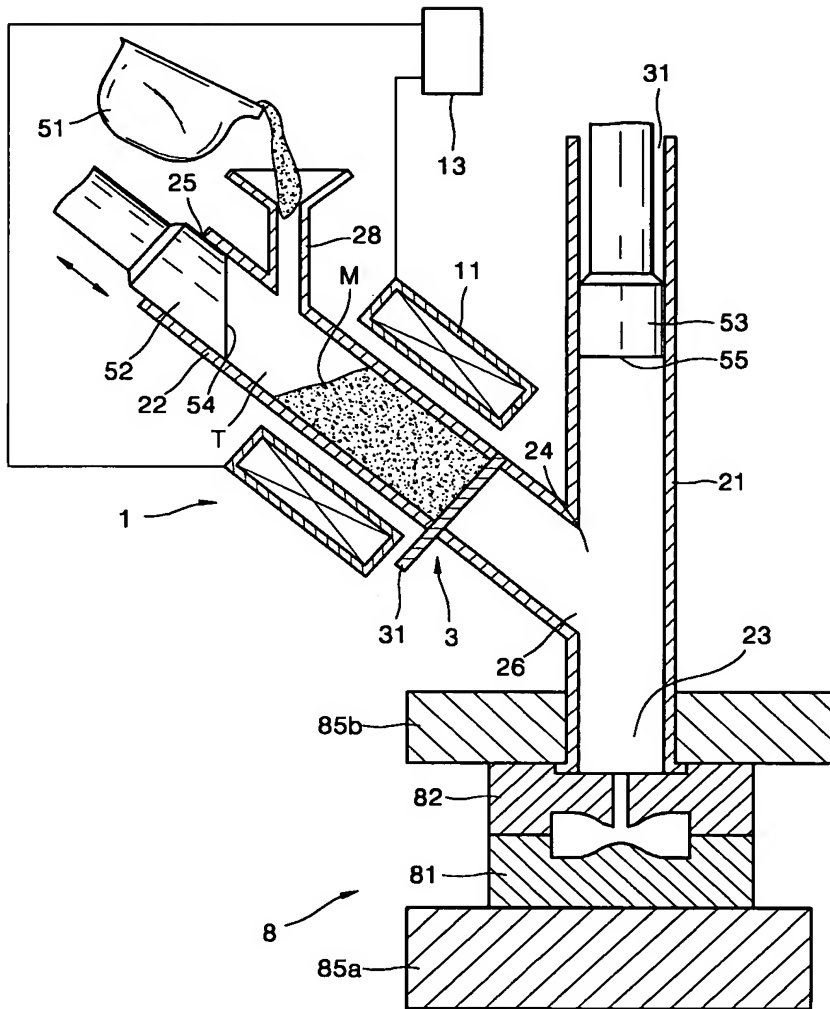




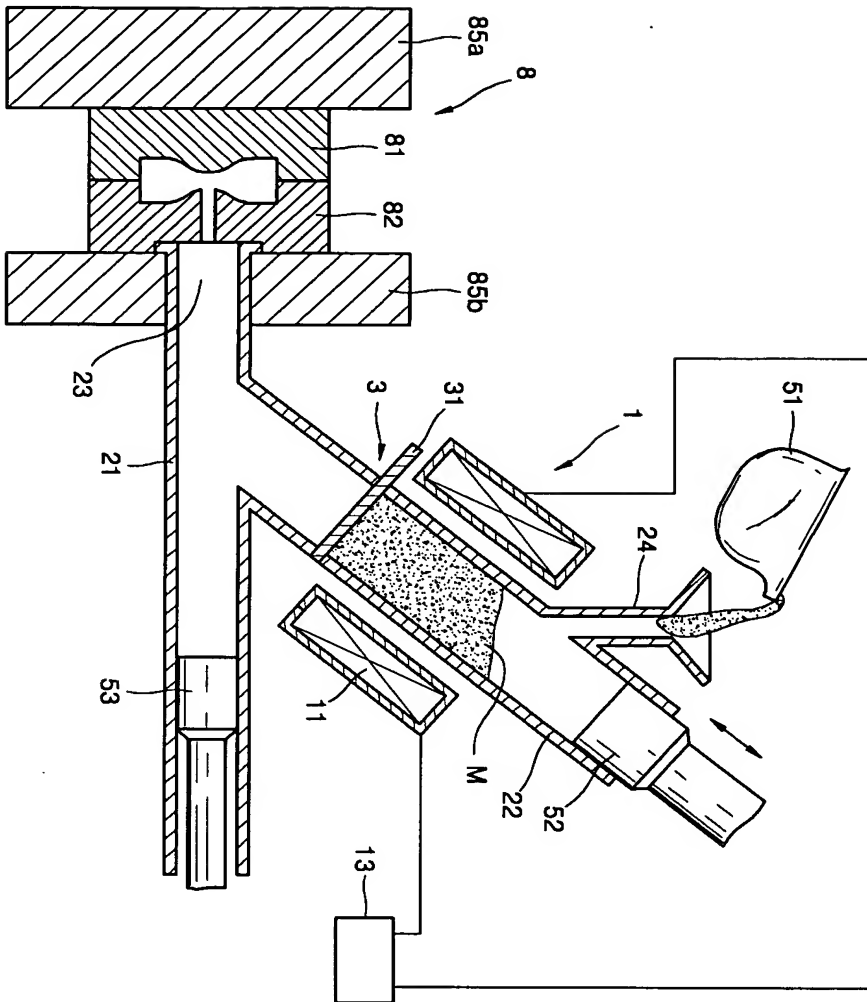
【도 21】



【도 22】



【도 23】



【도 24】

